

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE**

**INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



## **TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS GRANOS DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) CLONAL PROCEDENTE DE FRUTOS  
AMARILLOS Y ANARANJADO ROJIZOS POR TECNOLOGÍA  
CONVENCIONAL.**

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

**PRESENTADO POR LA BACHILLER:  
ANA CECILIA TORRE GARCÍA**

**TARAPOTO - PERÚ**

**2014**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS GRANOS DE CACAO  
(*Theobroma cacao* L.) CLONAL PROCEDENTE DE FRUTOS AMARILLOS  
Y ANARANJADO ROJIZOS POR TECNOLOGIA CONVENCIONAL.”**

## TESIS

Para optar por el título profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por la bachiller

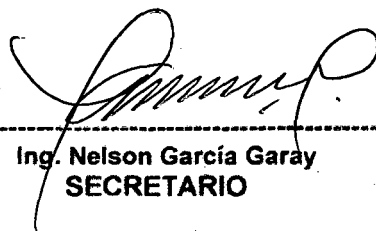
**ANA CECILIA TORRE GARCÍA**

**SUSTENTADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO**



---

**Ing. Dr. Oscar W. Mendieta Taboada  
PRESIDENTE**



---

**Ing. Nelson García Garay  
SECRETARIO**



---

**Ing. Dr. Abner F. Obregón Lujerio  
MIEMBRO**



---

**Ing. M. Sc. Thony Arce Saavedra  
ASESOR**

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	11
<b>ABSTRACT</b>	12
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	13
<b>1.1. OBJETIVOS</b>	14
1.1.1. Objetivo general	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	15
<b>2.1. CALIDAD DEL CACAO</b>	15
2.1.1 Calidad física del grano	16
2.1.2 Calidad organoléptica del grano	17
<b>2.2. PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CACAO</b>	22
2.2.1 Genética	22
2.2.2 Ambiente	23
2.2.3 Manejo post cosecha	24
2.2.4. Identificación de los defectos que influyen en la calidad del grano	32
<b>2.3 CLASIFICACION COMERCIAL DEL GRANO</b>	35
<b>III.- MATERIAL Y MÉTODOS</b>	37
<b>3.1 LUGAR DE EJECUCION</b>	37
<b>3.2 MATERIAL Y EQUIPOS</b>	37
3.2.1 Materia prima	37
3.2.2 Material	38
3.2.4 Equipos	38
3.2.5 Reactivos	38
<b>3.3 METODOS EXPERIMENTALES Y ANALITICOS</b>	39
3.3.1 Metodología experimental	39
3.3.2 Metodología analítica	45
<b>3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL DEL PROCESO</b>	52
<b>3.5 DISEÑO ESTADISTICO</b>	53
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	55
<b>4.1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LOS GRANOS DE CACAO</b>	55
4.1.1 Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación	55
4.1.2 Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado	66
<b>4.2. ANÁLISIS EN EL PRODUCTO TERMINADO</b>	71
4.2.1. Rendimiento del cacao fermentado y seco	71
4.2.2. Calidad física	72
4.2.3 Calidad sensorial de las almendras de cacao	76
<b>V. CONCLUSIONES</b>	79
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	80
<b>VII. BIBLIOGRAFIA</b>	81
<b>VIII. ANEXOS</b>	89

## INDICE DE FIGURAS

Nº 01	Diagrama de flujo del beneficio de cacao	44
Nº 02	Lectura de temperatura en la masa de cacao fermentándose	45
Nº 03	Medición del pH.	46
Nº 04	Medición de la Acidez (%)	47
Nº 05	Evaluación de la evolución del agrietamiento del cotiledón durante el proceso de fermentación del cacao.	48
Nº 06	Tipos de granos en la prueba de corte	50
Nº 07	Temperatura media de la masa de cacao clonal en el proceso de fermenta	56
Nº 08	Humedad del cacao clonal al inicio y al final del proceso de fermentación.	58
Nº 09	pH registrado en el proceso de fermentación	60
Nº 10	Curvas de evolución del pH en la etapa de fermentación para los tratamientos T <sub>0</sub> , granos de frutos amarillos y anaranjado-rojizos; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	60
Nº 11	Acidez titulable registrada en el proceso de fermentación para los tratamientos T <sub>0</sub> , granos de frutos amarillos y anaranjado-rojizos; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	62
Nº 12	Curvas de evolución de la acidez en el proceso de fermentación para los tratamientos T <sub>0</sub> , granos de frutos amarillos y anaranjados-rojizos; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	62
Nº 13	Concentración promedio inicial de sólidos solubles en los tratamientos para los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos	65
Nº 14	Curva de humedad en el proceso de secado en los tratamientos para los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	67
Nº 15	pH en el proceso de secado en los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	69

Nº 16	Evolución de la acidez en el proceso de secado para los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	70
Nº 17	Rendimiento del grano de cacao fermentado y seco para los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	72
Nº 18	Promedio de índices físicos del cacao fermentado y seco para los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos.	73
Nº 19	Propiedades físicas de los granos de cacao según el color de su mazorca.	75
Nº 20	Perfil de sabores según el color de la mazorca de cacao para los tratamientos T <sub>0</sub> , Testigo; T <sub>1</sub> , granos de frutos amarillos y T <sub>2</sub> , granos de frutos anaranjado-rojizos	76

## **INDICE DE CUADROS**

<b>N° 01: Características sensoriales de los tipos de cacao</b>	<b>20</b>
<b>N° 02: Plaguicidas permitidos para usar en almacenamiento de cacao</b>	<b>30</b>
<b>N° 03: Especificaciones técnicas para almacenamiento de cacao en grano</b>	<b>31</b>
<b>N° 04: Requisitos y patrones de calidad física del cacao en grano</b>	<b>36</b>
<b>N° 05: Clones de cacaos utilizados en el ensayo.</b>	<b>37</b>
<b>N° 06: DBCA con tres tratamientos y tres repeticiones</b>	<b>53</b>
<b>N° 07: Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación</b>	<b>55</b>
<b>N° 08: Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

Nº01: Humedad en la masa de cacao al inicio y final del proceso de fermentación	90
Nº 02: Temperatura registrada en la masa de cacao durante la fermentación	91
Nº03: Contenido de sólidos solubles de la pulpa fresca de cacao	92
Nº04: Evaluación del pH en el proceso de fermentación y secado	93
Nº 05: Evolución de la acidez titulable en el proceso de fermentación y secado	94
Nº 06: Registro de humedad de los granos en el proceso de secado	95
Nº 07: Rendimiento del cacao fermentado y seco.	96
Nº 08: Análisis de físico de los granos	97
Nº 09: Cuadro comparativo de la calidad física de los tratamientos en estudio y la calidad física requerida en el mercado.	98
Nº 10: Análisis estadístico de la temperatura de fermentación	99
Nº 11: Análisis estadístico de la humedad en el proceso de fermentación	100
Nº12: Análisis estadístico de la pulpa fresca de cacao	100
Nº13: Análisis estadístico de pH en el proceso de fermentación	101
Nº14: Análisis estadístico de la acidez titulable en el proceso de fermentación	102
Nº15: Análisis estadístico de la humedad en el proceso de secado.	103
Nº16: Análisis estadístico del rendimiento del cacao fermentado y seco	104
Nº17: Análisis estadístico del pH en el proceso de secado	104
Nº18: Análisis estadístico de la acidez titulable en el proceso de secado	105
Nº19: Análisis estadístico del análisis de fermentación de los granos	106
Nº20: Análisis estadístico de las propiedades fisicoquímicas del grano fermentado y seco.	107
Nº21: Balance de materia del beneficio del cacao	108
Nº22: Imágenes del beneficio del cacao.	108

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

T <sub>0</sub> (Testigo) :	Mezcla de granos procedentes de frutos amarillos y anaranjado rojizos en una proporción de 1:1
T <sub>1</sub> :	Granos procedentes de frutos amarillos
T <sub>2</sub> :	Granos procedentes de frutos anaranjado rojizos
CCN :	Collección Castro Naranjal
ICS :	Imperial Collage Selection
IMC :	Iquitos Maraño Collection
P :	Pound.
SCA :	Scavina.
TSH :	Trinidad Selection Hybrid.
UF :	Unite Fruitco.
SS :	Sólidos solubles



# DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico con todo mi cariño y amor: A mis padres: **César Augusto y Geni**, que con su dedicación, ejemplo y amor inculcaron en mí, valores, ayudándome a formarme y a crecer como persona, apoyándome y motivándome siempre, para cumplir con mis objetivos y metas trazadas.

A mis hermanos **César Alfredo y Alba del Pilar** que me acompañaron y brindaron su apoyo moral durante mi formación profesional y muy en especial a mi novio: **Christian A. Celis Torres** quien me motivó siempre a seguir adelante.

# **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Thony Arce Saavedra, por el asesoramiento brindado en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Enrique Arévalo Gardini, Director del Instituto de Cultivos Tropicales por las facilidades para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Ángel Tuesta por el apoyo y su experiencia brindada para la realización de este trabajo de investigación.

A la Ing. Jenny Mandujano y al Ing. Rolando Ramírez por guiarme siempre en el trabajo realizado.

A la Ing. Mar Asunción Gárate por su amistad y recomendaciones.

Al Químico Meyer Obando y al técnico Zósimo Cujay del laboratorio de suelos y alimentos del instituto de cultivos tropicales, por su apoyo permanente;

A los tesisistas Jorge Arévalo, Erick Trigozo y Jack Viena por su grata compañía y apoyo incondicional en las jornadas de investigación;

Al personal de campo del Instituto, por su colaboración en la instalación de los módulos y el trabajo de campo para realizar el trabajo de investigación.

## RESUMEN

En los últimos años (2003 al 2011), en la región San Martín se han incrementado las áreas productoras de cacao, siendo las principales zonas de producción Tocache, Juanjui, Saposo y Tarapoto; existiendo aún potencial para ampliar la producción e incrementar la oferta del grano (MINAG, 2012). Por otra parte, el incremento de los precios internacionales incentiva el crecimiento de áreas sembradas, por lo que resulta importante producir y ofertar cantidad y calidad.

La calidad del cacao depende de las exigencias de cada mercado y del fin a que se lo destine (Graziani, 2003). Siendo el cacao la materia prima del chocolate, la calidad comprende las características físicas que se refiere al tamaño y presentación de los granos, y las características organolépticas que posea una determinada muestra de cacao (Cros et al., 1994). Esta última característica es afectada directamente por el proceso de fermentación y secado.

En el presente estudio se evaluó una de las características físicas del fruto, como es el color de la mazorca (cacao clonales de frutos amarillos y anaranjado rojizos) y su relación con la calidad final del grano, que permita hacer más práctica la selección de los frutos y granos. De manera que se estudió las diferencias fisicoquímicas encontradas en los procesos de fermentación y secado; las características físicas del grano fermentado y seco y; finalmente la calidad sensorial de las almendras.

El color del fruto influyó en cuanto a la calidad de los granos fermentados y secos, así tenemos que para los granos de frutos amarillos, menor calidad física (118,98 gr. por cada 100 almendras) y básica calidad organoléptica (sabor suave); y para los granos de frutos anaranjado rojizos mayor calidad física (132 g. por cada 100 granos) y fina calidad organoléptica (mayor intensidad de sabor a nuez y panela)

## ABSTRACT

Last few years (2003 - 2011) cultivated areas of cocoa have increased in region San Martín in Perú. The main places in cocoa production are Tocache, Juanjui, Saposoa and Tarapoto; still having chance for wide agricultural borders for increasing the offer (MINAG, 2012). Increasing international prices promotes growing of cocoa surface. So it is important to produce and offer quantity and quality.

Cacao quality depends on specific market requirements and the purpose of the production (*Graziani, 2003*). Being the cocoa the raw material of the chocolate, quality understands physical characteristics of size and grain presentation, and organoleptic characteristics of the sample of cocoa beans (*Cros, et al, 1994*). This last characteristic is affected directly by the process of fermentation and dried.

In this study we evaluated one of the physical characteristics of the fruit: the color of the cob cover (yellow, and orange-reddish of clonal cocoa cob covers) and its relation with quality of final grains. It allows a more practical selection of cocoa cobs and grains. So it was studied the physicochemical differences found in the processes of fermentation and dried; physical characteristic of dried and fermented grains; and sensorial quality of the almond.

The color of the fruit has influence as for the quality of the fermented and dry grains. So we have for yellow fruit grains, minor physical quality (118,98 gr. for every 100 almonds) and basic organoleptic quality (soft flavor); and for orange reddish fruit grains, major physical quality (132 g. for every 100 grains) and organoleptic quality dies (major intensity of flavor to nut and panela).

## I. INTRODUCCIÓN

En Perú, la producción de cacao se concentra en la parte baja de la vertiente oriental de los Andes entre los 200 y 900 metros sobre el nivel de mar. Las principales zonas productoras de cacao en el Perú son los departamentos de San Martín, Cusco, Ayacucho, Junín, Amazonas, Huánuco Y Cajamarca (MINAG, 2012).

En el departamento de San Martín las principales zonas de producción son Tocache, Juanjuí, Saposoa y Tarapoto; existiendo aun gran potencial para ampliar la producción del grano (MINAG, 2012).

El significativo aumento de los precios internacionales incentiva el incremento de áreas sembradas; motivo por el cual San Martín, en el año 2011, se convirtió en una de las principales zonas de mayor producción y rendimiento de cacao a nivel nacional, con 29 000 Ha cultivadas en producción y 26 000 TM de cacao en grano al año (MINAG, 2012).

La fermentación y el secado son etapas muy importantes en el beneficio del cacao (*Theobroma cacao L.*). Durante la fermentación se producen reacciones bioquímicas que causan una disminución del amargor y de la astringencia y que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. En el secado se reduce la humedad hasta 7%, continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor (Jinap et al., 1994; Cros & Jeanjean, 1995). En ese sentido un buen proceso de Fermentación y secado da como resultado un cacao de calidad y en consecuencia facilita su colocación a mercados de importantes chocolateros internacionales.

El beneficio del cacao en la región se ha venido realizando según costumbres culturales transmitidas por generaciones, con variaciones entre los productores y entre las zonas, sin dar importancia a las buenas prácticas en el manejo agronómico ni en el beneficio, lo que ejerce un efecto desfavorable sobre la calidad del producto final. Entre las operaciones que contempla el beneficio del cacao la fermentación y el secado han sido las más relegadas,

siendo estas dos etapas las más estudiadas, todo esto con el propósito de generar información que sirva de apoyo a los productores de cacao y la obtención de un producto de calidad requerida por los mercados y, a los técnicos para incorporar posibles mejoras tecnológicas en estas etapas.

Con el afán de conocer la calidad de los granos de cacao en relación al color de las frutas, se ha emprendido el estudio que evalúa las características fisicoquímicas inicia (pH, % Acidez, % Sólidos Solubles y % Humedad) y durante las etapas de fermentación y secado y, finalmente la calidad sensorial del grano fermentado y seco.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo general.**

Determinar la calidad de los granos de cacao clonal procedentes de frutos maduros de color amarillo y anaranjado rojizo

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar las diferencias fisicoquímicas existentes en el proceso de fermentación.
- b) Evaluar las diferencias fisicoquímicas existentes en el proceso de secado.
- c) Evaluar la calidad fisicoquímica y sensorial de los granos fermentados y secos de cacao.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

### 2.1 calidad del cacao.

El término "calidad" es quizás una de las palabras más utilizadas desde hace algunos años. En efecto, la calidad se ha convertido en un tema de actualidad y forma parte en este momento de las preocupaciones de un número cada vez más elevado de personas, sociedades y organismos diversos (*Pons & Sivardiere, 2002*).

*Amores (2004)*, define la calidad como el conjunto de las propiedades y características de un producto o servicio que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades declaradas e implícitas de los usuarios. La calidad puede considerarse una característica compleja de los alimentos que determina su valor o aceptabilidad para los consumidores (*FAO, 2000*).

*Armijos (2002)*, *Calderón (2002)* y *Graziani (2003)* coinciden en indicar que la calidad del cacao es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo cacaotero, y el nivel que se logre conseguir de la misma determinará la mayor o menor demanda que tenga en el mercado el producto final, en este caso del cacao en grano.

La calidad del cacao depende de las exigencias de cada mercado y del fin a que se lo destine (*Graziani, 2003*) siendo el cacao la materia prima del chocolate. La calidad comprende las características físicas que se refiere al tamaño y presentación de las almendras y las características organolépticas (sabor y aroma) que posea una determinada muestra de cacao, que asegure su fabricación (*Cros et al., 1994*).

*Gutiérrez (2000)* menciona que la calidad del cacao involucra también las características químicas de las almendras fermentadas y secas.

- b) **Amargor**, sabor fuerte, generalmente debido a la falta de fermentación. Se percibe en la parte posterior del paladar o en la garganta, se lo relaciona con el café, cerveza caliente y la toronja.
- c) **Astringencia**, más que un sabor es una sensación que causa una contracción de la superficie de las mucosas de la boca, dejando una sensación seca y áspera en la lengua, además produce salivación generalmente debido a la falta de fermentación y se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. La referencia es cacao no fermentado, inicialmente se percibe un sabor floral pero después es amargo, parecido al sabor de las hojas de plátano.
- d) **Dulce**, este sabor es percibido en la punta de la lengua.
- e) **Salado**, se percibe a los lados de la lengua y produce salivación.

## 2. Sabores específicos

- a) **Cacao**, describe el sabor típico a granos de cacao bien fermentados, tostados y libre de defectos. Referencia barras de chocolate de cacao fermentado.
- b) **Floral**, son aquellos licores con sabor y aroma a flores, casi perfumado. Referencia flores de cítricos.
- c) **Frutal**, caracterizan licores con sabor a fruta madura. Esto describe una nota de aroma a dulce agradable. Referencia cualquier fruta seca o cacao fresco almacenado.
- d) **Nuez**, se describe como un sabor similar a la nuez, característico de los cacaos tipo Criollos y Trinitarios.



### 3. Sabores adquiridos

- a) **Moho**, describe licores con sabor mohoso, generalmente debido a una sobre fermentación de las almendras o a un incorrecto secado. Referencia sabor a pan viejo o musgo.
- b) **Crudo/verde**, se presenta con aroma desagradable, generalmente debido a la falta de fermentación o falta de tostado.

En el cuadro N° 01 se puede apreciar las características sensoriales, usos y países productores de los cuatro tipos de cacao.

CUADRO N° 01: Características sensoriales de los tipos de cacao.

TIPO	CARACTERISTICAS	USOS	PAISES PRODUCTORES
Criollo	Almendras blancas. Tonos de nuez, panela, caramelo y malta.	Chocolates muy finos	Venezuela
Forastero	Sabor a cacao fuerte, amargo y astringente.	Chocolates con leche	Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Brasil.
Trinitario	Acentuado gusto a cacao y afrutado (uva, ciruela, durazno) con amargor marcado	Chocolates finos semi amargos	Venezuela, Jamaica, Trinidad, Tobago, Granada
Nacional	Almendras de color castaño oscuro. Sabor y aroma floral.	Chocolates finos semi amargos	Ecuador

Fuente: FEDECACAO, (2010)

Numerosas investigaciones han determinado la importancia de los compuestos involucrados en la formación del aroma del cacao y por ende el desarrollo de los precursores del sabor a chocolate. En ese sentido; los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los ésteres que originan un sabor a fruta. Así mismo el grado de astringencia del chocolate está determinado por los compuestos polifenólicos y, el amargor por las purinas (cafeína y teobromina), el complejo polipéptidos, fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor dulce y nuez (*Jeanjean, 1995*).

*Salto (2005)* menciona que el sabor “arriba” del cacao Nacional ecuatoriano es muy particular y diferente, se lo describe como sabor floral, fuerte, con matices de astringencia, sabor a leguminosas verdes, flores de cítricos, una sensación de frescura que invade la boca y desaparece rápidamente.

La calidad aromática de un chocolate está relacionada con el origen de las almendras, con la fermentación, secado y con el tostado (*Cros, 2004 a*). El aroma del cacao incluye varias fracciones determinadas en los granos frescos: una fracción constitutiva (presente en la almendra fresca) de una fracción desarrollada durante la fermentación y secado y otra, por una fracción formada durante el tostado (*Cros, 1997*).

Según *Braudeau (1970)* el aroma a chocolate se forma desde el momento en que ocurre la muerte del embrión, al tiempo que se producen la rápida destrucción de las antocianinas, proporcionándole a las almendras de cacao el sabor y aroma característico del chocolate.

Es importante señalar que ni las células con pigmentos, ni las células de reserva de los cotiledones de las almendras frescas contienen alguna sustancia quedarán el aroma a chocolate, por lo tanto, las almendras no fermentadas son incapaces de producir un aroma tal, incluso después del tostado, lo cual confirma que las sustancias aromáticas del cacao únicamente se crean durante el proceso de fermentación (*Braudeau, 1970*).

### **2.1.2.2 Torrefacción o tostado**

El tostado del cacao se lleva a cabo con el propósito de facilitar la eliminación de la cascarilla y para que los precursores del sabor (azúcares, aminoácidos y otros, que se forman durante la fermentación) se combinen y produzcan los olores y sensaciones típicas del sabor a chocolate y otras notas sensoriales como: sabor floral, frutal y nuez, dependiendo del tipo de cacao (*Amores, 2004*).

El proceso de tostado contribuye a desarrollar el aroma característico del cacao. En esta etapa son importantes, el control del tiempo y de la temperatura de tostado (*Álvarez et al., 2001*). Altas temperaturas y largo tiempo de tostado eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma y favorecen primero al desarrollo de un aroma térmico y luego a un sabor a quemado (*Cros, 2004 b*).

El tamaño de las almendras también tienen que ver con el proceso de tostado o torrefacción. A una determinada temperatura y tiempo de fermentación, si las almendras son muy pequeñas usualmente corren el riesgo de sobre tostarse, mientras que las almendras grandes se pueden tostar solo parcialmente, esto afectará la calidad del licor y de los chocolates que a partir de ellos se fabriquen (*Amores, 2004*).

## **2.2 Principales factores que afectan la calidad**

### **2.2.1 Genética**

La variabilidad genética en cacao tiene gran influencia en las características de las almendras de cacao como el sabor, color, tamaño de la almendra, contenido de manteca y sobretodo, aroma que pueda desprender después de la torrefacción (*Braudeau, 1970; Moreno & Sánchez, 1989*).

Un cacao de determinado origen genético presenta propiedades organolépticas muy características (*Moreira, 1994*). Así se pueden identificar dos tipos de granos de cacao: cacao común, proveniente de árboles

Amazónicos, ubicados bajo la denominación de Forasteros, y el cacao fino que proviene de árboles Criollos (*Calderón, 2002*).

Los cacaos comunes, Forasteros, son semejantes en cuanto a que poseen un sabor a chocolate muy fuerte. Los árboles son de tipo similar entre sí, pero hay diferencias en la forma en que los productores procesan el grano, lo cual aumenta las diferencias en el sabor y en algunos casos esto es la causa de malos sabores; mientras que, los cacaos finos o del tipo criollo son de varios tipos y cada uno tiene sus propias características de sabor (*Liendo, 2003*).

El sabor potencial del cacao fino es debido básicamente a la variabilidad genética de los árboles que lo producen; sin embargo, el desarrollo del sabor y aroma a chocolate dependen del correcto proceso de fermentación y secado (*Graziani, 2003*).

Por otra parte, *Cubero et al., (1993)* y *Clapperton* citado por *Cros (2004a)* concluyen que los cacaos de tipo Forasteros son generalmente menos amargos y menos astringentes que los Trinitarios.

Los grupos Nacionales poseen características distintivas que los diferencian de los otros tipos de cacao, como en calidad y aroma (*Hardy, 1961; y Moreira, 1993*). Según *Amores (2004)*, la variedad Nacional posee en sus cromosomas, genes que favorecen al sabor floral. Hay otros que favorecen un buen nivel de sabor a cacao, como la variedad CCN-51. Finalmente *Liendo (2003)* indica que, la genética del grupo de los cacaos criollos tiende a producir un bajo sabor a cacao pero, favorece un alto nivel de notas de sabor a nuez.

### **2.2.2 Ambiente**

Ciertas características de las almendras de cacao se ven afectadas por el ambiente durante el desarrollo de la mazorca. La deficiencia de agua y nutrientes en el suelo reduce el tamaño de las frutos y las almendras (*Moreira, 1994*). El cacao especialmente tipo Nacional ecuatoriano, en época lluviosa es cuando presenta mejor sabor, ya que debido a los grandes volúmenes

existentes se puede realizar una mejor fermentación (*Chatt* citado por *Semiglia, 1979*).

### **2.2.3 Manejo post cosecha**

El manejo post cosecha o beneficio constituye parte fundamental y decisiva para obtener una buena calidad del grano y permitir su correcta comercialización. El precio del producto y la rentabilidad del cultivo se incrementan con un buen beneficio (siempre y cuando haya incentivos para producir calidad), labor que representa entre el 15 y el 20 % de los costos directos de producción. El beneficio adecuado desarrolla en las almendras los principios fundamentales del sabor y aroma inconfundibles del cacao, lo que determina en gran medida su condición de finos y aromáticos, es decir la calidad del producto final (*FUNDACITE, 2000*).

*Reyes et al., (2000)* definen al beneficio como el conjunto de prácticas interrelacionadas, que tienen que ver con la transformación biológica que deben sufrir las almendras una vez cosechadas y que permiten la expresión de su potencial organoléptico. Sólo así serán aceptadas y valoradas por los procesadores de la industria chocolatera. El beneficio comprende: cosecha, fermentación, secado y almacenamiento.

#### **2.2.3.1 Cosecha**

Para la cosecha se debe hacer la identificación de los frutos maduros de cacao. Estos se identifican por los cambios de coloración externa, que varía dependiendo del tipo o variedad. La cosecha consiste en la recolección de frutos maduros y sanos. Usualmente se realiza con intervalos de 15 días para obtener un producto uniforme (*Enríquez, 1995*), aunque en periodos con poca producción, la recolección puede ser mensual.

### 2.2.3.2 Fermentación

En este proceso, ocurren cambios bioquímicos que permiten en las almendras el desarrollo de los precursores del sabor y aroma. Los factores de calidad, determinados por la fermentación son los más importantes, ya que generalmente el chocolate preparado de cacao sin fermentar no posee el sabor y aroma del verdadero chocolate (*Moreno & Sánchez, 1989*). Con una buena fermentación las almendras desarrollan el aroma y sabor a chocolate. El cacao mal fermentado jamás podrá desarrollar su propio sabor, llegando a tener una clasificación de baja calidad (*Moreira, 1994; Cros, 2004 b*).

En la etapa de fermentación conocida también como “cura” o “preparación”, el cacao obtiene la calidad necesaria para la producción del chocolate (*Armijos, 2002*). Durante este proceso, los azúcares de la pulpa debido a microorganismos (levaduras y bacterias) y reacciones bioquímicas de oxidación, forman ácidos que penetran en el cotiledón produciéndose la muerte del embrión y la sucesiva formación de precursores del aroma del cacao.

*Moreno & Sánchez (1989), Reyes et al., (2000), Ramos (2004), Portillo et al., (2006)* Coinciden en que la fermentación involucra dos fenómenos distintos pero no independientes: Una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginosa presente en las almendras; y otra que induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular a la formación de los precursores del aroma. Estos mismos autores, expresan que estas reacciones son inducidas por elevación de la temperatura de la masa de cacao durante la fermentación y a la migración del ácido acético de la pulpa hacia la almendra. Estos dos fenómenos de la misma manera suprimen el poder germinativo del embrión.

Por otro lado, *Ramos (2004)* menciona que la fermentación es la acción combinada y balanceada de temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad. Este proceso disminuye el sabor amargo por la pérdida de teobromina, facilita el secado y la separación de la testa de los cotiledones.

*Braudeau (1970)* menciona que la elevación de temperatura desempeña un papel muy importante en la fermentación. Es responsable en parte de la muerte del embrión de las almendras y del inicio de las reacciones enzimáticas en los tejidos de los cotiledones.

*Ramírez (1988)* como resultado de sus investigaciones encontró que durante la fermentación hay variación de temperatura y, que es posible que la masa que se encuentra en la parte superficial sea varios grados más elevada que la masa que se encuentra en el fondo del cajón.

*Hardy (1961)* considera que la temperatura generada en la masa de fermentación está relacionada con la temperatura ambiente, lo cual es confirmado por *Roelfser* citado por *el IICA (1989)*, al observar que las bajas temperaturas ambientales impiden el aumento de la temperatura durante la fermentación.

*Hernández (1991)* indica que la pulpa fresca tiene un pH de 3,4 a 4,6; en la misma etapa el pH de los cotiledones es de 6,6. Esto debido a que la testa es permeable al ácido acético, el cual pasa al interior del cotiledón y al tercer día mata el embrión y en consecuencia baja el pH a 4,8. Durante el resto de la fermentación y secado el pH sube y por lo general es de 5,5 en los granos secos (*Wood, 1982*).

El pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 5,1 a 5,4; cualquier cacao con un pH menor a 5,0 indica presencia de ácidos no volátiles indeseables que dan al producto aromas desagradables, que perjudican a la producción del chocolate (*Armijos, 2002*).

La masa de almendras se voltea para homogenizar la fermentación. La falta de remoción o su ejecución defectuosa hace que una gran proporción de la masa de cacao se quede sin fermentar. El volteo debe realizarse a las 24 horas en el caso del cacao Criollo y cada dos días, en el caso de Forasteros y Trinitarios, evitando así la proliferación de mohos y la desecación de las almendras que se encuentran en la superficie. La remoción diaria permite un

incremento más rápido de la temperatura; y por lo tanto una fermentación más homogénea y de menor duración (*Saltos et al., 2006*).

Para la *Compañía Nacional de Chocolates de Colombia (1988)*, las mejores condiciones de una buena fermentación se consiguen bajo una aireación y humedad apropiada. El tiempo es un factor principal que determina el buen éxito de este proceso; cuanto más rápido se produzca la muerte de los embriones, más rápidamente tendrán lugar las reacciones enzimáticas capaces de producir las transformaciones bioquímicas que conducen a los precursores del sabor.

El tiempo de fermentación que se debe dar a las almendras tiene relación con el grupo genético al que pertenece el cacao, la variedad genética superior (Criollos) necesita menos tiempo para fermentar que los Forasteros; porque el mayor contenido de azúcar en el mucílago del Criollo acelera el proceso. Por esta razón el cacao Criollo se fermenta generalmente en tres días (*Compañía Nacional De Chocolates De Colombia, 1988*). Los llamados comúnmente Forasteros, se fermentan de cuatro a cinco días; mientras que, los Trinitarios necesitan seis días o más (*Moreno & Sánchez, 1989*).

### 2.2.3.3 Métodos de fermentación

Existen un sin número de formas y recipientes para fermentar una masa de cacao. *Rohan (1960)* y *Enríquez (1995)* indican que, el método más utilizado por los pequeños agricultores es el de "montón" y consiste en amontonar las almendras de cacao sobre una mesa de madera o sobre hojas de plátano o bijao de manera que el jugo que sale del mucílago pueda escurrirse fácilmente. Luego el montón se cubre con hojas de plátano para que produzcan calor. *Rincón (1999)* detalla que los montones se voltean periódicamente, con una frecuencia que depende en parte, del tamaño del montón y de la variedad de cacao sometida al proceso de fermentación.

Otro método utilizado por los agricultores es el de "sacos". El agricultor llena los sacos con el cacao fresco y los cuelga para que se escurra y se



fermenten las almendras. También acostumbran a dejar los sacos amontonados en el piso para iniciar el proceso de fermentación (*Moreno & Sánchez, 1989*).

En cambio *Liendo (2004)* y *Santizo & Orellana (1989)* aseguran que el método en “cajas” es el más ventajoso cuando se dispone de grandes cantidades de cacao. Este método consiste en colocar las almendras de cacao recién extraídas de los frutos en cajas de madera y luego taparlas con hojas de plátano o sacos de yute para elevar la temperatura de la masa y ocurra el proceso de fermentación.

*Braudeau (1970)* asegura que el tamaño de la caja depende de la cantidad de cacao que puede obtener el agricultor. Generalmente las cajas son de madera y deben tener orificios o ranuras para permitir el drenaje de los jugos (*Saltos, 2005*).

Otro sistema de fermentación dirigido especialmente a pruebas de clones en proceso de investigación es el de “micro fermentaciones”. Consiste en recolectar una muestra de 1,5 a 4,0 kg de almendras de cacao y luego colocarlas en pequeños sacos.

Las almendras deben estar regadas en todo el saco para que se produzca la transformación de los azúcares y también facilitar las remociones. Los pequeños sacos se ubican en la tercera parte del cajón de una masa considerable, ya que es allí donde se obtiene la temperatura (*Jiménez, 2003*).

El cacao que se utiliza como masa es recomendable que sea del mismo tipo genético, para que no exista interferencias al realizar las remociones y no pueda influenciar con el aroma cuando se produzcan las reacciones y transformaciones de los azúcares y ácidos, que se desarrollan durante la fermentación (*Braudeau, 1970*).

#### 2.2.3.4 Secado

El objetivo primordial del secado es que el cacao termine de desarrollar el sabor a chocolate que inició durante la fermentación (*Enríquez, 1993*). Si el secado no se hace en forma adecuada, de nada sirve que se haya realizado una fermentación, ya que la muestra no llegará a tener el sabor deseado (*Rincón, 1999*).

Según *Rincón (1999)*, el secado tiene por objeto eliminar el exceso de humedad y acidez de las almendras recién fermentadas de aproximadamente 55 % al 7 %, como garantía para su posterior almacenaje y comercialización.

El proceso de secado debe hacerse en forma lenta y gradual, empezando por pocas horas de exposición al sol durante los primeros días y aumentar progresivamente hasta la plena exposición en los últimos días (*Jiménez, 2000*). Con el secado violento, no se logra un secado uniforme y se interrumpe la hidrólisis enzimática de las antocianinas generando almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente, a la vez se endurece rápidamente la testa o cascarilla la cual una vez seca impide la salida o difusión de los ácidos volátiles que se concentran en la almendra generando almendras ácidas (*Ramos, 2004*).

Este mismo autor considera también que durante el secado ciertas reacciones de formación del aroma de chocolate finalizan y otras reacciones prosiguen para así condicionarla calidad final del producto.

De igual manera, *Enríquez (1995)* argumenta que durante este proceso cambian los colores de las almendras, apareciendo el color marrón o pardo, típico del cacao fermentado y secado correctamente. *Braudeau (1970)* expresa que el secado puede realizarse en forma natural aprovechando el calor producido por los rayos solares y requiere de 8 a 10 días según las condiciones climáticas. *Ramos et al., (2000)*, indican que este sistema es el más recomendable porque al secar lentamente las almendras, éstas desarrollan satisfactoriamente los cambios para lograr un buen sabor. Generalmente se utilizan tendales para este método, siendo los más comunes los de madera y

los de bambú, aunque hay también de cemento y otros materiales (Rincón, 1999).

### 2.2.3.5 Almacenamiento

Es indispensable antes de cualquier almacenamiento asegurarse de que el cacao esté totalmente seco y que retenga una humedad inferior al 8 % (Moreno & Sánchez, 1989). La bodega de almacenamiento debe presentarse limpia, desinfectada, tanto interna como externa y protegida contra ataque de roedores; cuando se aplique plaguicidas, se deben utilizar los permitidos por la ley para formulación, importación, comercialización y empleo de plaguicidas y productos afines de uso agrícola (AGROCALIDAD, 2011); los plaguicidas permitidos para usar en almacenamiento de cacao y su tolerancia se muestran en el cuadro N°02. Los sacos con almendras de cacao deben ser almacenadas en compartimientos o estantes que estén por encima del suelo con un mínimo de 15 cm. de circulación del aire entre ellos y al granel, en silos adecuados, para una mayor garantía de la calidad del producto (Ramos, 2004)

CUADRO N° 02: Plaguicidas permitidos para usar en almacenamiento de cacao

PLAGUICIDA	TOLERANCIA
Bromuro de metilo	50mg/kg (ppm)
Piretrinas	1mg/kg (ppm)
Butóxido de piperonilo	8 mg/kg (ppm)
Fosfuro de aluminio	0,1 mg/kg (ppm)
Diclorvos	0,5 mg/ kg (ppm)

Fuente: NMX, (1980)

Si los requisitos que muestra en cuadro N° 03 no son bien controlados, las almendras de cacao pueden adquirir olores indeseables y contaminarse con materiales extraños. Además, pueden adquirir humedad que también deteriorará rápidamente la calidad del cacao (*Rincón, 1999*).

*Urquhart* citado por *Sánchez (2007)*, manifiesta que el cacao absorbe fácilmente sabores y aromas. Para lo cual durante su almacenamiento, debe mantenerse separado de otros productos cuyo sabor podría absorber fácilmente.

CUADRO N° 03: Especificaciones técnicas para almacenamiento de cacao en grano.

REQUISITOS	PARAMETROS
Humedad del grano	7 %
Humedad relativa del almacén	Menor de 70 %
Piso del almacén	Cemento
Paredes del almacén	Lisas y de color claro
Ventilación	Buena
Distancia mínima del suelo	15 cm
Distancia mínima de las paredes	1 m.
Distancia mínima del techo	1 m.
Distancia de pasillos	2 a 4 m.
Envase	Sacos de fibra vegetal (yute)
Capacidad del saco	60 a 90 kg.
Apilamiento de sacos máximo	5 m.

*Fuente: FAO, (1993)*

## **2.2.4 Identificación de los defectos que influyen en la calidad del grano**

A partir del estudio y el análisis de las muestras de los granos de cacao de cada región, se ha podido encontrar que los principales defectos que presentan las organizaciones de productores son casi generalizados, se desarrollan en forma similar y son atribuidos a las mismas deficiencias en las diferentes fases del proceso (ANECACAO, 2001).

### **2.2.4.1 Defectos originados en el cultivo**

1. **Granos planos, achatados, pasilla o vanos.** Es el grano de cacao cuyos cotiledones se han atrofiado hasta tal punto que cortando la semilla no es posible obtener una superficie de cotiledón, es decir, tiene menos de 5 mm de espesor medido entre las dos caras. Su origen es la mala fecundación.
2. **Grano negro.** Es el grano que se produce por mal manejo pos cosecha o proviene de los frutos atacados por enfermedades.

### **2.2.4.2 Defectos originados en la cosecha.**

1. **Grano germinado.** Es aquel grano de cacao cuya cáscara ha sido perforada, rajada o rota por el crecimiento del germen de la semilla. Generalmente son de frutos sobre maduros. Por los orificios producidos son vulnerables al ataque de mohos e insectos.
2. **Grano negro.** Proviene de la cosecha general que realiza el productor y va recogiendo y amontonando para la quiebra.
3. **Grano violáceo.** Proviene de semillas de los frutos verdes o inmaduros.

#### 2.2.4.3 Defectos originados en la quiebra de frutos

1. **Grano cortado.** Es aquel grano que ha sufrido deterioro en su estructura por la acción del corte de la mazorca el cual pasa hasta la semilla.
2. **Grano negro.** Proviene de semillas de frutos enfermos los cuales no son separados en el momento de la extracción de la semilla mezclándose con la buena. En su mayoría éstos están afectados por mohos.
3. **Adquieren impurezas.** Se adhieren restos de cáscara (para aumentar el peso, pican la cáscara), colocan la placenta, corazón, tripa o agalla, la cual tiene alto contenido de azúcares se seca con dificultad, en el almacenamiento tiende a hidratarse y a enmohecerse contaminando el resto del grano.

#### 2.2.4.4 Defectos originados en la fermentación

1. **Grano violáceo.** (Insuficiente fermentado) Grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, por lo menos en la mitad de su superficie, cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.
2. **Grano pizarroso.** Es un grano sin fermentar, que muestra en su interior un aspecto compacto en la mitad o más de su superficie cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.
3. **Grano sobre fermentado.** Cuyos granos han excedido el tiempo de fermentación y ha empezado la fase proteolítica, produciéndose

cambios en el olor. Se reconoce generalmente por el olor fuerte a una fermentación prolongada.

4. **Grano múltiple o gemelos.** Son dos o más granos unidos íntimamente por una de sus caras con restos de mucílago.
5. **Grano con restos de mucílago.** Es el grano que no ha sido fermentado, “grano meloso”, tiene alto contenido de mucílago en la cáscara, la cual tiende a quemarse o tornarse de color negro en el secado, “azúcar quemada”, y generalmente es pizarroso.

#### **2.2.4.5 Defectos originados en el secado**

Algunas situaciones pueden conducir a que el secado no ocurra en forma eficiente, trayendo por consiguiente la contaminación por impurezas, malos olores, granos quebrados y mohosos:

1. **Grano mohoso.** Es el grano de cacao en cuyas partes internas o externas tienen crecimiento de mohos a simple vista, sufre deterioro parcial o total en su estructura interna debido a la acción de hongos, determinado mediante prueba de corte. Se produce cuando el producto no ha sido secado a niveles de 7 – 8 % de humedad, inicialmente se torna un color blanco en la parte externa.
2. **Grano quebrado o partido.** Es el grano roto o fragmentado. Se producen por la forma de secado empleada, especialmente cuando la remoción la realizan con los pies, los granos se exponen al pisoteo, y se hacen más vulnerables al ataque de insectos, plagas y hongos en el cacao almacenado.
3. **Impurezas u otras contaminaciones.** Por la forma de secado en carreteras, aceras o patios de tierra, la contaminación con restos de excrementos de animales, la adhesión de tierra, los patios

improvisados provocan la absorción de malos olores que sustituyen el aroma característico del grano de cacao y desmejoran grandemente su calidad y consecuentemente su valor.

#### **2.2.4.6 Defectos originados en el almacenamiento**

El cacao que ha sido fermentado y seco, es suficientemente higroscópico y si está mal almacenado puede alcanzar un contenido de humedad superior a 8%, lo que favorece el desarrollo interno de hongos y la infestación por insectos.

1. **Grano mohoso.** Se produce cuando el grano es almacenado húmedo, cuando recupera humedad y cuando no es almacenado adecuadamente ya sea en el envase apropiado y/o acondicionamiento. Generalmente es moho interno y se muestra de color blanco, gris o verdoso, predominando los hongos del género *Aspergillus* y *Penicilium*.
2. **Granos con olor a humo.** Proviene de pequeños lotes de cacao, conservados en las cocinas ahumadas de las comunidades o caseríos, junto a los diferentes productos (carne o pescados) a los que se aplica este método de conservación.
3. **Grano infestado atacado por insectos.** Es aquel grano de cacao en cuyas partes internas se encuentran insectos en cualquier fase de desarrollo, o que presentan características de daño causado por los mismos y que se detecta a simple vista la presencia de la larva o cuando el grano ha sido consumido.

### **2.3 Clasificación comercial del grano.**

El cacao, como producto de alto valor alimenticio y de otros usos para la humanidad, debe reunir algunos requisitos especiales para su consumo.



Existen varios mercados para el cacao, con precios diferentes, según su origen y la presentación del producto (*Moreno & Sánchez, 1989*).

Existen dos tipos de cacao en el mercado, calificándolos como: a) **cacao corriente u ordinario** que representa el 95 % de la producción anual. La mayor producción de este tipo de cacao viene del África y Brasil; este cacao se destina en gran parte para la producción de manteca y b) **cacaos finos**, que tienen sabores y aromas distintivos y representan el 5 % de la producción mundial. Se utilizan en la elaboración de chocolates negros o chocolates tipo gourmet, porque le confieren a los productos características de aroma y sabor especiales.

*Rincón (1999)* y *Moreira (1994)*, indican que a nivel mundial existen normas de comercialización del cacao. Según la *FAO (2000)*, los requisitos o cualidades relacionadas con algunas características físicas que deberán reunir los granos de cacao, se presentan en el Cuadro N° 04.

**CUADRO N° 04: Requisitos y patrones de calidad física del cacao en grano destinados a la industria chocolatera.**

Requisitos	unid.	ASSPS <sup>1</sup>	ASSS <sup>2</sup>	ASS <sup>3</sup>	ASNS <sup>4</sup>	ASN <sup>5</sup>	ASES <sup>6</sup>	ASE <sup>7</sup>
Peso de 100 almendras	g.	135 -140	130-135	120-115	120-125	110-115	120-125	105-110
Buena fermentación	%	75	65	60	50	42	35	20
Media fermentación	%	10	10	5	10	10	15	15
Total de fermentación	%	85	75	65	60	52	50	35
Violeta máximo	%	10	15	20	25	25	30	25
Pizarra	%	5	9	12	13	18	18	30
Defectos por insectos - moho	%	0	1	3	2	5	2	10

Fuente: *FAO (2002)*

Los porcentajes indicados son aproximados

1. ASSPS = Arriba Superior Summer Plantación Selecta.
2. ASSS = Arriba Superior Summer Selecto.
3. ASS = Arriba Superior Selecto
4. ASNS = Arriba Selección Navidad Selecto
5. ASN = Arriba Selección Navidad
6. ASES = Arriba Superior Época Selecta
7. ASE = Arriba Superior Época

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 lugar de ejecución

El trabajo de investigación se desarrolló en la estación experimental Juan Bernito del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) región San Martín (Perú), cuyas coordenadas geográficas son: Latitud Sur 06°30'07", Longitud Oeste 76°20'09" y Altitud de 360 msnm con una precipitación promedio anual de 1000 mm y 26°C promedio de temperatura. Los análisis se hicieron en los laboratorios de Suelos, Aguas y Alimentos y en el de Control de Calidad del Instituto de Cultivos Tropicales.

#### 3.2 Material y equipos

##### 3.2.1 Materia prima

La cantidad total de cacao (*Theobroma cacao L.*) en baba utilizada fue de 450kg, obtenida de la plantación del ICT, cosecha 2011.

CUADRO N° 05: Clones de cacao utilizados en el ensayo.

CLONES UTILIZADOS	
CLONES DE CACAO DE FRUTOS AMARILLOS	CLONES DE CACAO DE FRUTOS ANARANJADO ROJIZOS
ISC-6 (T)	UF-613(T)
ISC-39 (T)	ISC-1(T)
IMC-67(T)	ISC-95(T)
P-7(F)	CCN-51(F)
P-12(F)	TSH-1188(F)
SCA-6(F)	CCN-10(F)

ISC-6 = Imperial collage selection - 6  
ISC- 39 = Imperial Collage Selection - 39  
IMC- 67= Iquitos Marañon Collection - 67  
P - 7 = Pound - 7  
P - 12 = Pound - 12  
SCA- 6 = Scavina - 6

UF - 613 = Unite Fruitco - 613  
ISC - 1 = Imperial College Selection -1  
ISC - 95 = Imperial College Selection -1  
CCN - 51 = Collection Castro Naranjal - 51  
TSH - 1188 = Trinidad Selection Hybrid - 1188  
CCN - 10 = Collection Catro Naranjal - 10

Se utilizó dos tipos cacao clonal (Trinitarios (T) y Forasteros (F)), separando los de fruto amarillo y los de fruto anaranjado rojizos, para ambos tipos. En el cuadro N°05 podemos encontrar su denominación.

### **3.2.2 Material**

#### **3.2.2.1 De laboratorio**

- Termómetros de 0 a 100°C
- Morteros
- Probetas de 50ml y 500ml
- Vasos de precipitación
- Micro y macro pipetas
- Matraces
- Soporte universal

#### **3.2.2.2 De campo.**

- 09 cajones fermentadores de madera de 0.6x0.4x0.6 m cada una.
- 03 rastrillos de madera
- 01 balanza tipo reloj
- 04 tijeras de podar
- 03 contenedores de plástico para 20 kg de producto
- 14 sacos de yute
- 09sacos de polietileno

### **3.2.3 Equipos**

#### **3.2.3.1 De laboratorio**

- Balanza Analítica
- Equipo de Titulación
- Refractómetro digital

- Estufa de temperatura máxima 220°C marca Memmert
- potenciómetro
- Campana desecadora

#### **3.2.4 Reactivos.**

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N
- Fenolftaleína al 1%

### **3.3 Metodología experimental y analítica.**

#### **3.3.1 Metodología experimental.**

El trabajo de investigación se realizó con frutos de cacao. Fueron empleados seis clones de frutos de color amarillo y seis clones de frutos de color anaranjado rojizo producida en la estación experimental Juan Bernito del ICT, ubicada en el distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín y tiene una precipitación anual de 1157 mm, siendo los meses de mayores lluvias en febrero, marzo y abril, con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso, una temperatura media anual de 26°C y una humedad relativa promedio de 78.5 % (*Estación meteorológica de la Municipalidad Distrital Banda de Shilcayo, 2011*).

En la identificación de los árboles se aplicaron algunos de los descriptores taxonómicos señalados por *Bekele (1994)* y en la determinación del grado de madurez de los frutos se tomaron en consideración los criterios utilizados por *González (1999)*.

Para el establecimiento del ensayo se usó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones, donde los factores a evaluar fueron las características fisicoquímicas (Temperatura, pH, %Acidez, %SS, %H) en las etapas de fermentación y secado, las características físicas (Calibre, %Cascarilla, % Fermentación, % Defectos) en el grano fermentado y seco y por último, las características sensoriales del licor proveniente de los

granos de cacao clonal de frutos amarillos, anaranjado rojizos y la mezcla de ambos en una proporción de 1:1.

Para el estudio se realizó la cosecha de los frutos maduros según la norma técnica peruana NTP 208.040.2008, que trata sobre las Buenas Prácticas de Cosecha y Beneficio de cacao. Los frutos cosechados fueron agrupadas según su coloración (amarillos y anaranjado rojizos), se homogenizo cada grupo de frutos ya que existieron en cada grupo dos tipos de cacao clonal (trinitarios y forasteros), luego fueron partidos, utilizando para ellos la parte sin filo del machete, posteriormente los frutos partidos fueron desgranados manualmente y finalmente se procedió a pesar 50kg por cada cajón fermentador, llegando a obtener los 9 cajones, tres con 50 kg. de granos procedentes de frutos amarillos, tres con 50 kg de granos procedentes de frutos anaranjado rojizos y tres con 50kg. de granos procedentes de la mezcla de 25kg de granos procedentes de frutos amarillos y 25kg. de granos procedentes de frutos anaranjado rojizos al que se denominó testigo.

Para la fermentación se utilizó cajones elaborados de madera tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), cada cajón de 0.6 x 0.4 x 0.6 m y con perforaciones de 1 cm en el fondo. Los cajones fueron tapados con hojas frescas de plátano y sacos de yute para evitar la pérdida de calor y descenso en la temperatura.

La fermentación y secado se llevó a cabo siguiendo la técnica señalada por *Graziani (2003)*. El proceso de fermentación duro siete días, en este proceso se aplicaron remociones de la masa fermentante, primero a 48 horas y posteriormente cada 24 horas. Para el proceso de secado se utilizó la metodología de secado natural utilizando para ello una tarima de madera con techo corredizo, donde los granos fueron extendidos, en los dos primeros días a 5 cm de espesor y posteriormente a 3 cm, con remociones cada 2 horas, cada unidad experimental conto con 2 m<sup>2</sup> de espacio para su adecuado secado.

En el proceso de fermentación, la humedad se registró al inicio y al final (ver anexo N°1); la lectura de temperatura se realizó a 15 cm de la superficie de la masa de cacao registrándose en tres horarios, a las 7:00am, 12:00m y 5:00pm por 7 días (ver anexo N°2); la determinación de los Sólidos solubles se realizó en la pulpa fresca del cacao (ver anexo N°3), la Acidez y pH se registró cada 24 horas durante el tiempo que dura el beneficio del cacao (ver anexo N°4 y N°5).

En el proceso de secado, se registró la humedad cada 24 horas hasta llegar a la humedad deseada (7%) para poder conservar el cacao (ver anexo N°6), también se registró la acidez y pH

En el producto terminado que es el cacao debidamente fermentado y seco, se calculó el rendimiento (ver anexo N°7), se realizó el análisis de índices físicos y propiedades físicas del grano de cacao (ver anexo N°8), por último se realizó un análisis sensorial mediante catación utilizando muestras de 300 g. por cada tratamiento. El proceso de catación se llevó a cabo por el personal especializado de la Asociación de Productores de Cacao APPCACAO.

### **3.3.1.1. Descripción de flujo del beneficio del cacao**

El beneficio del cacao es un proceso que obedece a los principios básicos de conservación de alimentos y se hace con la finalidad de mejorar la calidad del grano.

#### **1. Obtención de la materia prima**

El cacao (*Theobroma cacao L.*) se adquirió de los cultivos de la estación experimental Juan Bernito– ICT que cultiva cuatro (4) hectáreas de cacao de diferentes variedades y ésta se encuentra ubicada en el distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

## **2. Cosecha**

Se realizó cuando el fruto o mazorca se encontraba maduro (185 días después de la fecundación de la flor), teniendo en cuenta lo siguiente:

- a. La madurez del fruto se determinó por el cambio de pigmentación externa: los verdes al amarillo y los rojos a anaranjado-rojizo, y otros pronunciados como amarillo anaranjado fuerte o pálido.
- b. En frutos de coloración roja – violácea muy acentuada, el cambio de color pudo no ser muy aparente y se corrió el riesgo de no cosechar a tiempo los frutos que habían alcanzado madurez plena, para despejar las dudas existentes respecto del estado del fruto maduro bastó golpearlo con los dedos de la mano, si se producía un sonido hueco era indicativo de que el fruto estaba maduro y en condiciones de realizar el beneficio.

## **3. Selección**

Se separaron los frutos verdes, pintonas, sobre maduras o aquellas que presentaban enfermedades o picados, de las que cumplían las condiciones de un fruto maduro y sano.

## **4. Quiebra**

Consistió en partir los frutos para extraer las almendras de la placenta y, se realizó utilizando un machete sin filo mediante un corte diagonal, teniendo cuidado de no causar heridas a las almendras.

## **5. Fermentación**

Se procedió a colocar las almendras en los cajones fermentadores y se cubrió con hojas frescas de plátano, luego se abrigó la masa de almendras con sacos de yute. Cumplido las 48 horas se procedió a destapar la masa y efectuar la primera remoción, esta operación se repitió cada 24 horas hasta

culminar la fermentación, luego se procedió a determinar el grado de fermentación mediante el exudado de un líquido de color marrón chocolate oscuro, lo que nos indicó que las almendras estaban bien fermentadas.

## **6. Secado**

Esta etapa se realizó mediante el secado natural, evaluando en forma continua la pérdida de agua, % acidez y pH. La masa de cacao de cada unidad experimental dispuso de 2 m<sup>2</sup> para su secado; Los dos primeros días con un espesor de 5 cm luego a 3 cm de espesor con remociones cada 2 horas. Durante los días que duro el secado (7 días) necesarios para reducir la humedad alrededor de 7 %, durante el proceso de secado se registró: Temperatura Ambiente promedio de 24,37 °C y Humedad Relativa promedio de 80,12%, datos registrados por la estación meteorología pertenecientes al ICT.

## **7. Selección**

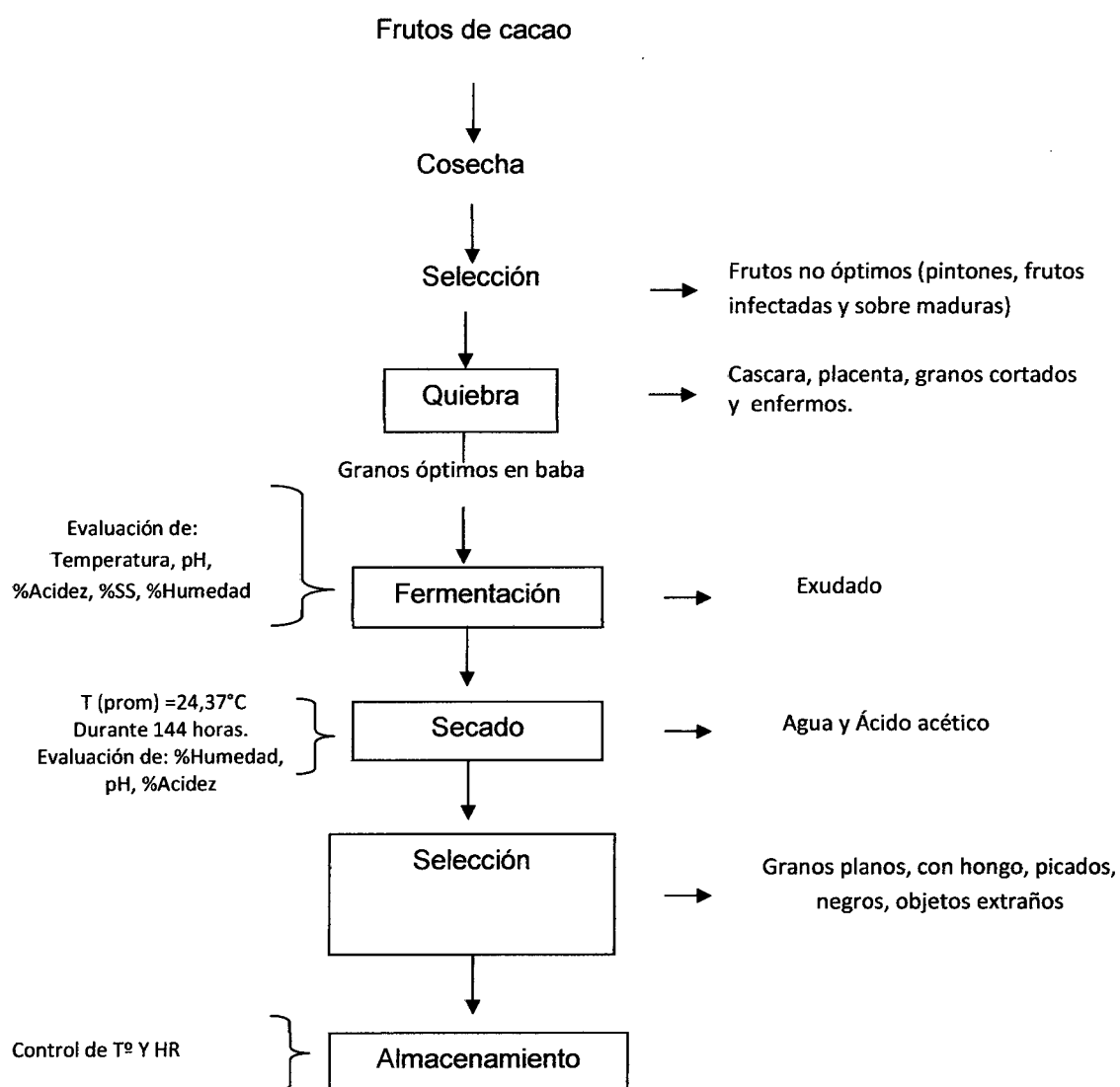
Se realizó manualmente utilizando un bastidor provisto de una malla, se retiró los granos defectuosos: vanos, granos picados, granos partidos, placentas secas, piedras, tallos secos y otras impurezas .Los granos seleccionados fueron colocados en sacos de yute para su almacenamiento.

## **8. Almacenamiento**

Los sacos fueron almacenados sobre parihuelas de madera, para evitar el contacto directo con el piso o las paredes del almacén y fueron debidamente separados por lotes.

Las operaciones del beneficio del cacao se observan en el siguiente diagrama de flujo (Figura 01).





**Figura 01:** Diagrama de flujo del beneficio de cacao

### 3.3.2 Metodología analítica

#### 3.3.2.1. En la materia prima

El análisis fisicoquímico de las almendras de cacao de los tres tratamientos se realizó utilizando los métodos recomendados por la AOAC (1990), durante los procesos de fermentación y secado; los cuales se determinaron por toma de muestras en triplicado, estos fueron:

##### 1. Temperatura de la masa de cacao

Fue determinada mediante un termómetro manual calibrado de 0 a 100 °C con una precisión de  $\pm 0,1$  °C, el cual fue introducido en la masa de cacao (a 15cm de la superficie de la masa de cacao), la lectura fue tomada en tres horarios durante el día, estas fueron a las 7:00am, 12:00 m y a las 5:00 pm durante el proceso de fermentación.



**Figura N°02:** Control de Temperatura de la masa de cacao en fermentación.

##### 2. Humedad

La determinación del contenido de humedad se hizo por triplicado en placas Petri a peso constante, se colocaron en cada una de ellas un peso conocido de muestras (5 gr. aprox.). Posteriormente se introdujeron las placas Petri en estufa al vacío a 105 ° C a presión atmosférica y se mantuvieron ahí por 16 horas. Luego se obtuvo el peso final previamente colocada en la campana desecadora por 30 min. (AOAC, 1990). La humedad se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

**Dónde:**

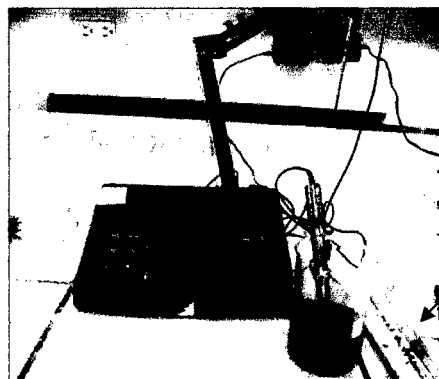
**P<sub>i</sub>** = Peso inicial

**P<sub>f</sub>** = Peso final

**% H** = Porcentaje de humedad

### 3. pH

Para la medición del pH se usó un pH-metro digital, previa calibración del potenciómetro, se enjuagó el electrodo con agua destilada y se secó cuidadosamente, el potenciómetro se calibró con buffer pH 4, 7 y 10, posteriormente el electrodo se introdujo en una dilución de 5 g. de muestra de las almendras de cacao molidas y 45 ml de agua destilada, se filtró y procedió a la lectura del pH, las determinaciones se hicieron por triplicado.



Muestra cacao  
molido y  
diluido

Figura N° 03: Medición del pH.

### 4. Sólidos solubles

Para determinar los sólidos solubles se usó una gota de la pulpa mucilaginoso de cacao en el refractómetro óptico a 25°C. La lectura se expresó en ° Brix.

### 5. Acidez titulable

La acidez se determinó por triplicado por el método de AOAC (1990). Se trituroó con ayuda del mortero 5 g. de cacao, se diluyó en 45ml de agua

destilada y se filtró, luego de esa dilución se tomó 5ml y se volvió a diluir en 45ml de agua destilada. La determinación se hizo por titulación con una solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N; se transfirió la muestra a un vaso precipitado y se adicionó de 2 a 3 gotas de fenolftaleína. Posteriormente se tituló la muestra hasta que se establezca el viraje al color rosa. El porcentaje de acidez se expresó como ácido acético calculándose mediante la siguiente fórmula.

$$\%Acidez = \frac{N \times V \times 0.060 \times 100}{V_m}$$

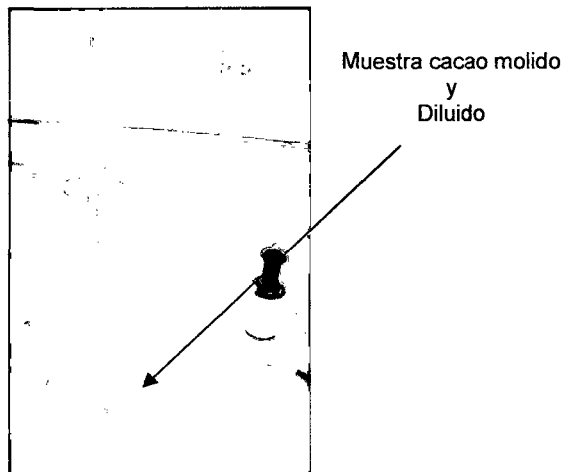
**Dónde:**

**N** = Normalidad del Hidróxido de Sodio (0.1)

**V** = Volumen del Hidróxido de Sodio usado para la titulación (ml).

**0.060** = Mili equivalentes del Ácido acético.

**V<sub>m</sub>** = Volumen de la Muestra (ml)



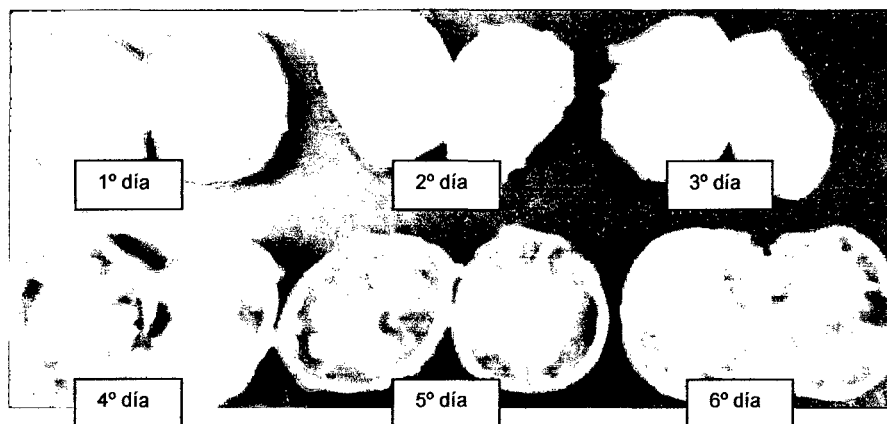
**Figura N° 04:** Medición de la Acidez

## 6. Tiempo de fermentación

Se evaluó visualmente mediante el corte de la almendra en forma longitudinal donde se observa el agrietamiento del cotiledón, la emanación de

un exudado color marrón y el descenso de la temperatura, lo que indicó que el proceso de fermentación culminó.

Las remociones de las almendras de cacao se realizaron primero a las 48 horas, luego cada 24 horas hasta completar el tiempo total de siete (07) días del proceso de fermentación.



**Figura N° 05:** Evaluación de la evolución del agrietamiento del cotiledón durante el proceso de fermentación del cacao.

### 3.3.2.2. Producto terminado

Se realizaron controles para determinar el rendimiento, la calidad física y sensorial del cacao los cuales fueron: Índices físicos, propiedades físicas y análisis sensorial.

#### a. Rendimiento del cacao.

Este análisis consistió en pesar cada una de las unidades experimentales y relacionarlas con su peso inicial para así obtener en porcentaje su rendimiento.

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{kg de caca en baba} \times 100}{\text{Kg de cacao seco}}$$

## **b. Calidad física del cacao**

### **b.1 Índices físicos**

Para determinar los índices físicos de calidad en el producto terminado, se realizó la prueba de corte en las almendras de cacao luego de finalizar el proceso de secado y determinar mediante este método el grado de fermentación de los granos de cacao.

La prueba de corte consistió en cortar longitudinal por la parte central simultáneamente a 100 granos de cacao, a fin de exponer la máxima superficie de corte de los cotiledones, luego se examinó visualmente las dos mitades de cada grano a la luz diurna o bajo iluminación artificial (lámpara fluorescente) y se procedió a contar separadamente los granos teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Grano múltiple.** Es la unión de dos o más granos por restos de mucílago.
- ✓ **Grano negro.** Es el grano que se produce por enfermedades o por mal manejo post cosecha o sobre fermentación.
- ✓ **Grano pizarroso (pastoso).** Es un grano sin fermentar, que al ser cortado longitudinalmente, presenta en su interior un color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto.
- ✓ **Grano violáceos.** Grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, debido al mal manejo en la fase de beneficio del grano.
- ✓ **Grano de buena fermentación.** Grano fermentado cuyos cotiledones presentan en su totalidad una coloración marrón o marrón rojiza y estrías de fermentación profunda (INIA, 2007).

Esta descripción de los granos durante la prueba de corte la podemos observar en la **Figura N° 06**.



**Granos violáceos**



**Granos parcialmente fermentados**



**Granos pizarrosos**



**Granos bien fermentados**

**Figura N° 06: Tipos de granos en la prueba de corte**

## b.2. Propiedades físicas

### b.2.1. Porcentaje de cascarilla

Es el contenido de cascarilla que cubre al grano de cacao expresado como un porcentaje en masa.

Se realizó triturando las almendras de cacao secas con la ayuda de un mortero, luego la cascarilla fue separada para pesarla, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% C = \frac{C \times 100}{mf}$$

Dónde:

**%C:** Porcentaje de cascarilla

**C:** Peso de cascarilla en gramos

**mf:** Peso muestra final seca en gramos

### b.2.2. Determinación del peso del grano

Esta proporción guarda relación con la masa potencial del grano de cacao a ser empleado en un proceso industrial, expresado como un porcentaje en masa.

Para realizar esta determinación se procedió a cuantificar 100 granos de la muestra de cacao y luego fueron pesados. El peso obtenido se dividió entre 100, obteniéndose el peso promedio de un grano. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de grano} = \frac{\text{g. de muestra de cacao}}{100 \text{ granos de cacao}}$$



### **c. Calidad sensorial**

Para este análisis se envió muestras de 300g. por tratamiento a la asociación de cacaoteros APPCACAO, el cual cuenta con personal especializado en catación de cacao.

## **3.4 Diseño experimental del proceso**

Los ensayos preliminares nos sirvieron para determinar el tiempo de fermentación adecuado (7 días), y analizar mayor número de resultados.

### **3.4.1. Controles realizados**

#### **3.4.1.1. Durante los procesos de fermentación y secado**

- a. Temperatura (° C)(\*)
- b. Humedad (%)
- c. Acidez (%)
- d. Sólidos Solubles (° Brix) (\*\*)
- e. pH

(\*) Se midió solo durante el proceso de fermentación.

(\*\*) Se midió solo al inicio del proceso de fermentación.

#### **3.4.1.2. En el producto terminado**

- a. Rendimiento
- b. Calidad física
  - b.1. Índices físicos
    - ✓ Granos fermentados
    - ✓ Granos parcialmente fermentados
    - ✓ Granos violetas
    - ✓ Granos pizarrosos
    - ✓ Granos gemelos

## b.2. Propiedades físicas

- ✓ Porcentaje de cascarilla
- ✓ Peso del grano

Se recogió diariamente 10 almendras las cuales se trasladaban al Laboratorio de Alimentos del ICT, para los controles respectivos.

## c. Calidad sensorial.

- c.1. Sabores básicos
- c.2. Sabores específicos
- c.3. Sabores adquiridos

## 3.5 Diseño estadístico.

El diseño experimental usado fue el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron, T<sub>0</sub>: Testigo; T<sub>1</sub>: Granos de cacao clonal provenientes de frutos amarillos; T<sub>2</sub>: Granos de cacao clonal provenientes de frutos anaranjado rojizos. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza con  $\alpha=0.05$  de nivel de significancia; seguida de una comparación de medias por la prueba de Duncan para elegir el mejor tratamiento.

CUADRO N° 06: DBCA con tres tratamientos y tres repeticiones.

TRATAM.		FERMENTACIÓN						SECADO							
		D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	D <sub>0</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>
T <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>														
	R <sub>2</sub>														
	R <sub>3</sub>														
T <sub>1</sub>	R <sub>1</sub>														
	R <sub>2</sub>														
	R <sub>3</sub>														
T <sub>2</sub>	R <sub>1</sub>														
	R <sub>2</sub>														
	R <sub>3</sub>														

## **Leyenda**

### **Tratamientos (T):**

- T<sub>0</sub>: Testigo.
- T<sub>1</sub>: granos de cacao clonal provenientes de frutos amarillos
- T<sub>2</sub>: granos de cacao clonal provenientes de frutos anaranjado rojizos

### **Repeticiones (R)**

- R<sub>1</sub>: repetición uno
- R<sub>2</sub>: repetición dos
- R<sub>3</sub>: repetición tres

### **Tiempo de fermentación y secado**

- D<sub>0</sub>: día cero (Inicio de la fermentación)
- D<sub>1</sub>: día uno (a las 24 horas de fermentación)
- D<sub>2</sub>: día dos
- D<sub>3</sub>: día tres
- D<sub>4</sub>: día cuatro
- D<sub>5</sub>: día cinco
- D<sub>6</sub>: día seis.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 Análisis fisicoquímicos de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*)

##### 4.1.1 Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación

Los resultados obtenidos mediante el análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación de los granos de cacao se muestran en el cuadro N° 07. La variación de la temperatura en la masa de cacao y propiedades fisicoquímicas (humedad, pH acidez y solidos solubles) se presenta en las figuras 7, 8, 9,11 y 13 respectivamente.

CUADRO N° 07: Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación de los granos de cacao clonal procedente de frutos amarillos y anaranjado rojizos.

ANÁLISIS FISIQUÍMICO EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN	EVALUACIONES		TRATAMIENTOS		
			T0	T1	T2
	TEMPERATURA MÁXIMA (°C)		47,6	47,9	47,4
% HUMEDAD TOTAL DEL GRANO	INICIAL	57,8	58,6	59,0	
	FINAL	52,9	52,2	53,1	
%ACIDEZ MÁXIMA (Ac. acético)		1,21	1,39	1,29	
pH MINIMO		4,51	4,42	4,50	
%SS DE LA PULPA FRESCA (° BRIX)		17,2	18,1	17,7	

T<sub>0</sub>: Testigo

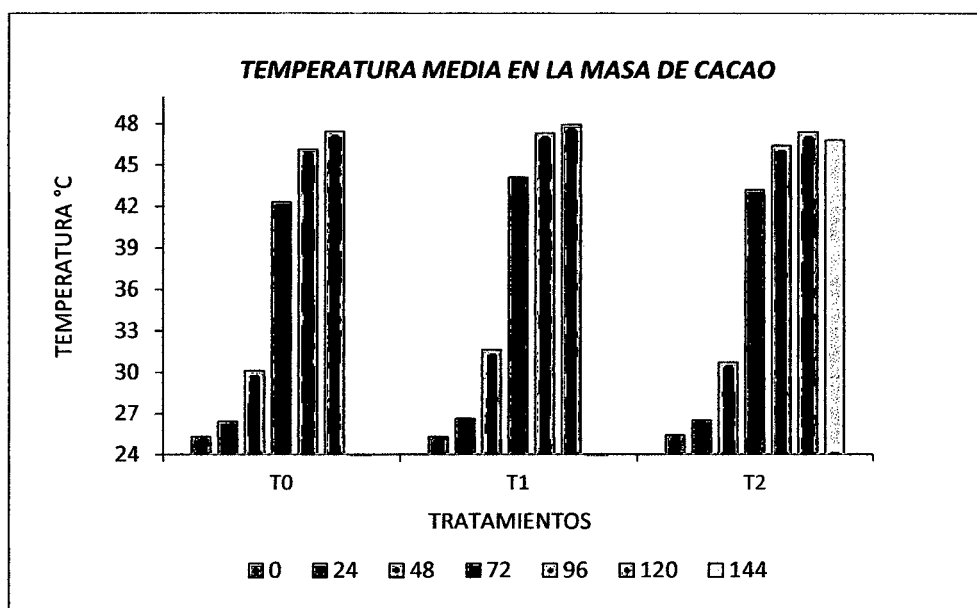
T<sub>1</sub>: Granos provenientes de cacao clonal de frutos amarillos.

T<sub>2</sub>: Granos provenientes de cacao clonal de frutos anaranjado rojizo

#### 4.1.1.1 Temperatura en la masa de cacao.

Las barras de la Figura N° 07 representan la temperatura media registrada en la masa de cacao clonal a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas después de haber sido colocada en los cajones fermentadores, observándose un incremento de la temperatura en la masa, a medida que avanza el tiempo de fermentación; a partir de las 72 horas y hasta el final del proceso se alcanza temperaturas de 43 a 48° C.

Este aumento de la temperatura se explica como consecuencia de las reacciones exotérmicas relacionadas con la aireación y la actividad microbiana (*Samah et al., 1993; Senanayake et al., 1997*) y, es importante porque influye sobre la muerte del embrión, condición necesaria para que se inicien las reacciones enzimáticas que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate (*Braudeau, 1970*).



**Figura N° 07:** Temperatura media de la masa de cacao clonal en el proceso de fermentación para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas de fermentación.

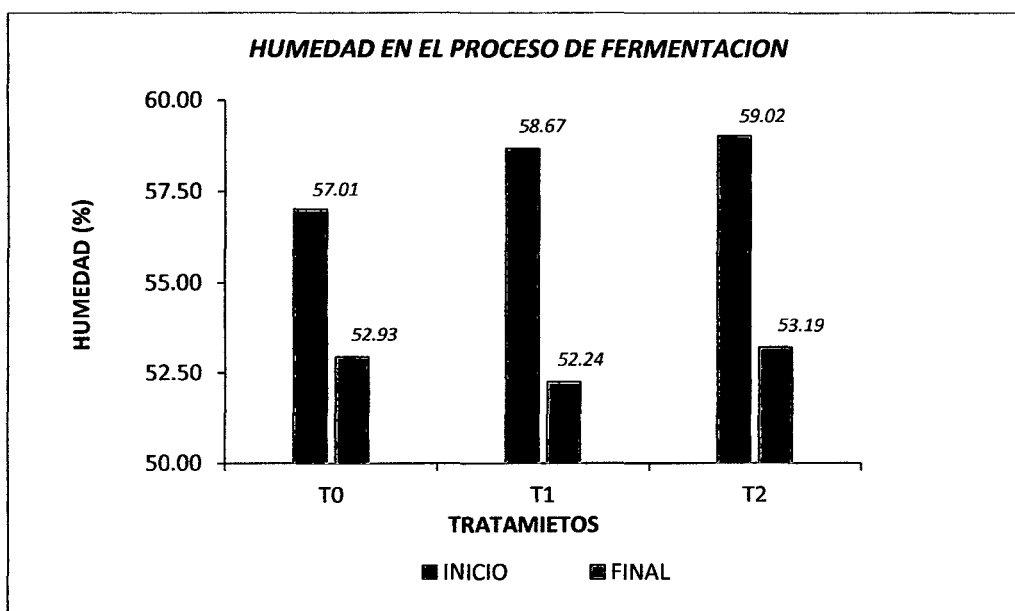
Durante el proceso fermentativo se desarrollan levaduras que ocasionan una fermentación alcohólica de la pulpa, siendo los azúcares transformados en alcohol, que cual luego es oxidado a ácido acético por acción de las bacterias acéticas; esta reacción es altamente exotérmica y es la causa principal de la elevación de la temperatura en el proceso (*Samah et al., 1993; Senanayake et al., 1995*). En tanto que el posterior descenso de la temperatura es producto de la inactivación de la micro flora al alcanzar, dicha variable, valores cercanos a los 40°C (*Senanayake et al., 1995*).

La temperatura máxima promedio se obtuvo a las 120 horas para el T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> con valores de 48,17 y 47,87°C respectivamente y a las 144 horas para el T<sub>0</sub> con un valor de 48°C; la temperatura máxima alcanzada para los tres tratamientos son considerados como satisfactorio y necesarios para causar la muerte del embrión y el desarrollo de las reacciones enzimáticas en los tejidos de los cotiledones durante el proceso de fermentación (*Braudeau, 1970*), así mismo *Moreno (1989)* considera que la temperatura de fermentación debe alcanzar entre 48 a 50°C (*Barel, 1987*). Estas pequeñas variaciones podrían deberse a la cantidad de cacao usada en la fermentación puesto que el mecanismo del proceso de fermentación es muy complejo y depende de la cantidad de pulpa, microorganismos y disponibilidad de oxígeno (*Senanayake et al., 1995*), lográndose rápidos incrementos de temperatura con una adecuada aireación dentro de la masa de cacao (*Braudeau, 1970; Senanayake et al., 1997; Schwan et al., 1990*) y temperaturas más elevadas cuando se usan mayores volúmenes de masa. *Senanayake et al., (1995; 1997)*.

El análisis de varianza para la temperatura promedio en la masa de cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: el T<sub>0</sub> y T<sub>1</sub> a las 72 y 96 horas siendo mayor el valor en el T<sub>1</sub> en ambos tiempos. El tratamiento T<sub>2</sub> no mostró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con respecto de T<sub>0</sub> y T<sub>1</sub> (Ver anexo 10).

#### 4.1.1.2 Humedad ( pulpa + testa + cotiledón)

Las barras de la figura N° 08 representan la humedad inicial y final de los granos (pulpa+ testa y cotiledón) de cacao en el proceso de fermentación, donde el mayor contenido de humedad al iniciar el proceso lo obtuvo el T<sub>2</sub> (59,01%) seguido del T<sub>1</sub> (58,67%) y T<sub>0</sub> (57,01%), estos valores se acercan a los valores reportados por *Graciani et al., (2002)*, donde señala que la humedad del cotiledón del cacao trinitario es de 35,86 % y de la testa + pulpa de 78% lo que en promedio de los dos da un valor de 56,93% de humedad, para el cacao forastero 36,87% en el cotiledón y 78,92% en la testa + pulpa, en promedio 57,90 % de humedad total al inicio de la fermentación, resultados que no encuentra diferencia significativa en cuanto a la humedad inicial del cacao trinitario y forastero. Por otro lado Según *Whitney (2001)* las almendras de cacao al final del proceso de fermentación deben tener una humedad de 50 a 56%.



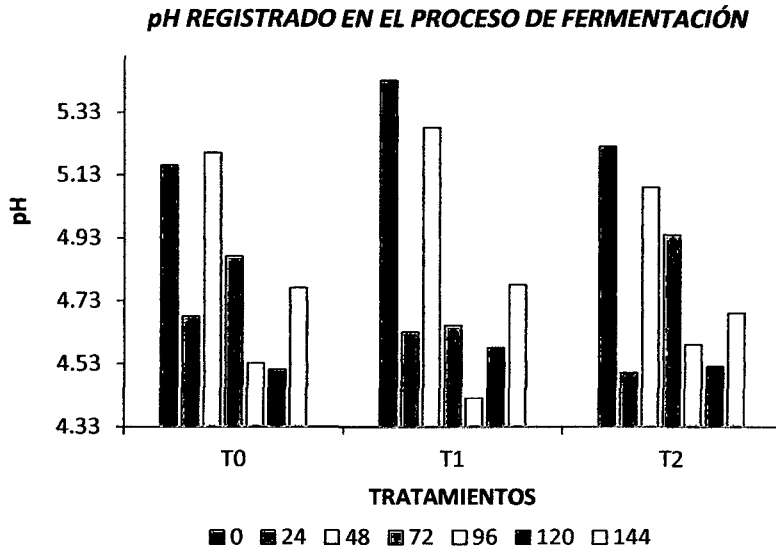
**Figura N° 08:** Humedad del cacao clonal al inicio y al final del proceso de fermentación para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.

Durante el proceso de fermentación para nuestro estudio, la humedad final reportó un descenso donde el valor más bajo lo obtuvo el T<sub>1</sub> (52,24%) seguido de T<sub>0</sub> (52,93) y T<sub>2</sub> (53,19). Esto se explica que durante la fermentación del cacao ocurre la descomposición microbiana de la pulpa que causa ruptura de las células y desprendimiento de jugos (*Braudeau, 1970*). Parte del agua es eliminada en el exudado y se establece un equilibrio osmótico entre la pulpa y los cotiledones, de forma que los productos de la fermentación se difunden a través de la testa hacia el cotiledón (*Rohan, 1964*). Esta disminución de la humedad en las dos fracciones es independiente del color de la mazorca ya que los análisis estadísticos señalan que no hay una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) de los valores de humedad tanto al inicio como al final de la fermentación (ver anexo 11).

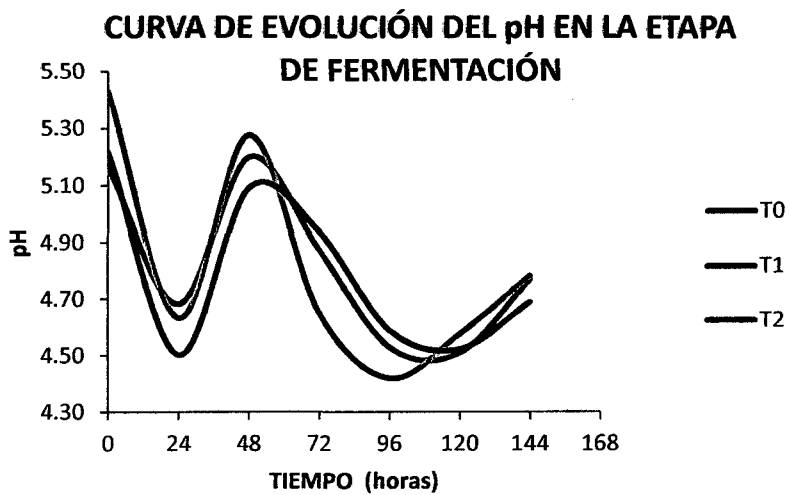
#### 4.1.1.3 pH.

Las figura N° 09 y 10 representan los valores de pH promedio de los tratamientos, registrados a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas que dura el proceso de fermentación de cacao. Estos resultados señalan que la fermentación se inició con valores del pH de 5,16 a 5,43 donde el pH para T<sub>1</sub> (5,43) fue más alto que los valores de T<sub>2</sub> (5,22) y T<sub>0</sub> (5,16); entre las 24 y 48 horas se observó una elevación del pH en los tres tratamientos. Este comportamiento se explica como el efecto provocado por la remoción de la masa de cacao, luego el pH desciende experimentando los valores más bajos, y en el que se observa que el pH de T<sub>1</sub> alcanza su menor valor en menos tiempo (4,42 a las 96 horas). Finalmente al término del proceso de fermentación de la masa de cacao de los diferentes tratamientos empiezan a elevar ligeramente el pH, T<sub>1</sub> (4,78), T<sub>0</sub> (4,77) y T<sub>2</sub> (4,69). Estos datos al final del proceso de fermentación concuerdan con los valores obtenidos por *Portillo et al., (2011)*, quienes reportaron un valor de pH de 4,88 para el cacao fermentado con aguante cero de mazorca. Por otro lado, *Alvares (1997)* y *Meyer et al., (1989)* señalan que los valores finales de pH  $\geq 4,5$  en los granos son favorables para la formación del aroma cacao, mientras que valores inferiores perjudican esta formación.





**Figura N°9:** pH en el proceso de fermentación del cacao para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas de fermentación.



**Figura N° 10:** Curvas de evolución del pH en la etapa de fermentación para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.

*Schawn et al., (1990)*, afirma que el aumento del pH, generalmente ocurre cuando se desarrollan bacterias aerofilicas al finalizar el metabolismo de los organismos acidofilicos, indicando el incremento continuo del pH una sobre fermentación, esto indica que el T<sub>1</sub> fermentó más rápido que el T<sub>2</sub> y T<sub>0</sub> por lo cual se tuvo cuidado para no incurrir en una sobre fermentación.

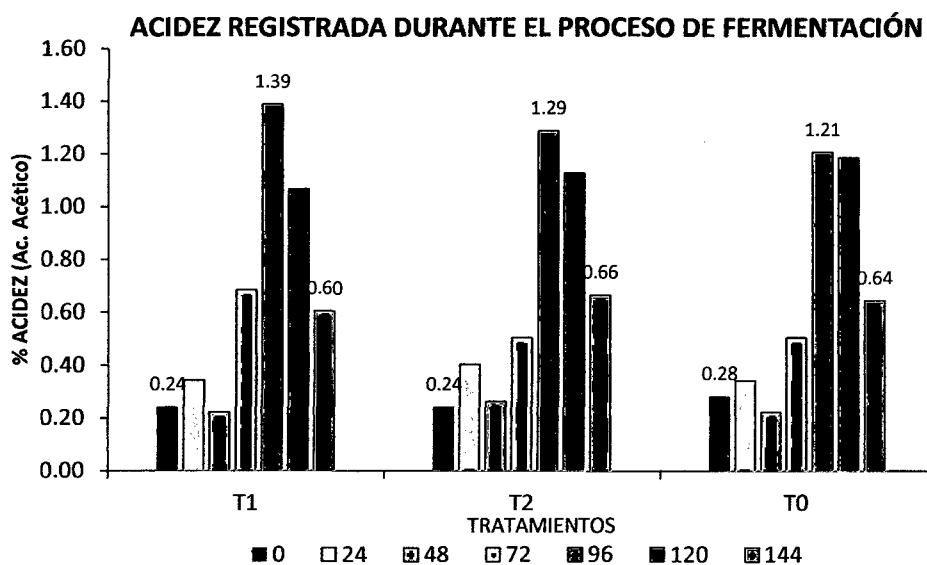
El análisis estadístico muestra que hay un diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos a las 0, 72 y 96 horas del proceso de fermentación, y la prueba Duncan para medias señaló que al inicio del proceso de fermentación T<sub>0</sub> y T<sub>2</sub> no presentaron diferencia significativa con valores de pH de 5,16 y 5,22 respectivamente sin embargo estos dos tratamientos fueron significativamente diferentes con respecto a T<sub>1</sub> con un valor de 5,43.

A las 72 horas del proceso de fermentación, la prueba Duncan mostró diferencia entre T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> sin embargo T<sub>0</sub> no mostró diferencia ni con T<sub>1</sub> ni con T<sub>2</sub>, siendo el valor más bajo para el T<sub>1</sub> con un pH de 4,65 y para T<sub>2</sub> el valor más alto de 4,94; resultados que coinciden con *Amín et al., (1997)*, quienes encontraron a las 72 horas de la fermentación, un pH cercano a 4,6 que ocasionó una alta actividad proteolítica, ya que el pH óptimo para la endoproteasa aspártica es de 4,5; al final del proceso obtuvieron un pH aproximado a 5,8 y una actividad también óptima de la carboxipeptidasa, estas condiciones son favorables para el sabor final del cacao.

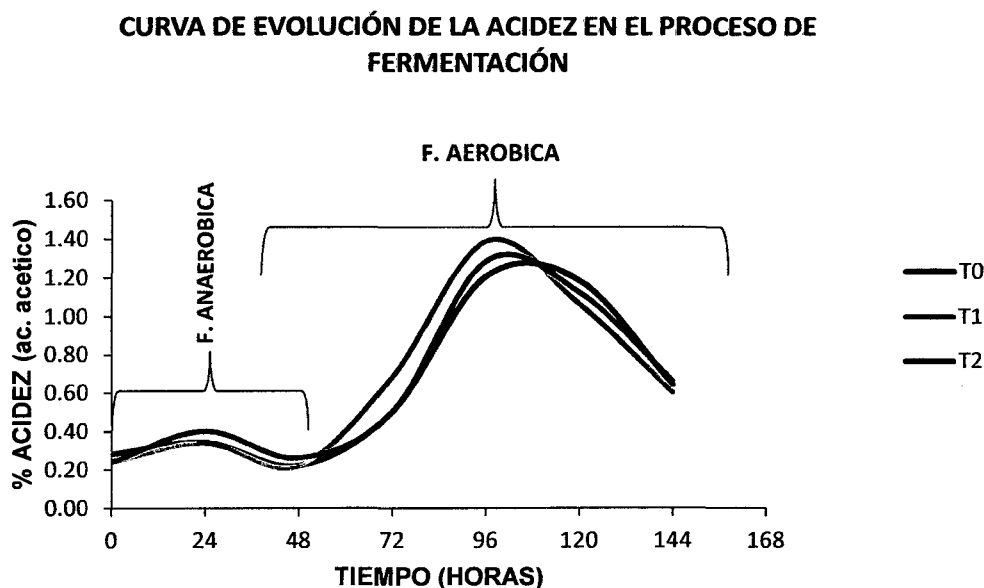
En relación a la evaluación a las 96 horas, la prueba Duncan indicó diferencia entre el T<sub>1</sub> con el T<sub>2</sub>, donde en ambos casos los valores descendieron para T<sub>1</sub> un pH de 4,42 y T<sub>2</sub> un pH de 4,49, al igual que a las 72 horas, T<sub>0</sub> no mostró diferencia con respecto a T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>. (Ver anexo N°13)

#### **4.1.1.4 Acidez.**

Las barras de la figura N°11 representan los valores de acidez promedio de las tres repeticiones por cada tratamiento, registrados a las 0, 24, 48, 72, 96, 120, y 144 horas en el proceso de fermentación de cacao. La figura N°12 representa curvas comparativas de la evolución de la acidez de los tres tratamientos en el proceso de fermentación.



**Figura N°11:** Acidez registrada en el proceso de fermentación para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas de fermentación.



**Figura N°12:** Curvas de evolución de la acidez en el proceso de fermentación para los tratamientos T<sub>0</sub>, granos de frutos amarillos y anaranjados –rojizos; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.

La variable acidez refleja claramente, en todos los tratamientos, que se inicia con valores bajos siendo 0,24 % para el T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> y 0,28 % para T<sub>0</sub>. En la figura N° 12 podemos observar como varía los valores de acidez dentro del proceso de fermentación, inicialmente es baja y luego comienza a aumentar ligeramente, cuando la masa de cacao es removida a las 48 horas ésta baja levemente aproximadamente a su valor inicial para rápidamente volver a subir producto de la aireación de la masa (*Schwan et al., 1990; Senanayake et al., 1997*) y alcanzar los valores más altos, esto a las 96 horas, donde T<sub>1</sub> alcanzó el máximo valor de 1,39,% seguido de T<sub>2</sub> con 1,29 % y por último T<sub>0</sub> con 1,21%.

A partir de las 96 horas de fermentación la acidez comienza a descender en todos los tratamientos, fluctuando entre 0,60 % y 0,66 %. Estos valores coinciden con la acidez de 0,61 % reportada por *Portillo et al., (2011)* en cacao fermentado con aguante de mazorca cero.

La fermentación de la pulpa de cacao por acción microbiana produce ácidos orgánicos volátiles y no volátiles, siendo el acético y el láctico respectivamente, los producidos en mayor cantidad (*lópez, 1983; Samah et al., 1993*). Estos ácidos han sido encontrados en gran proporción en granos fermentados y secos muy ácidos, sin embargo, solamente el acético presenta una alta correlación con la acidez, indicando que podría ser el responsable de los altos valores alcanzados por esta variable (*Jinap & Dimick, 1990*).

Según *García et al., (2002)* la actividad de bacterias acéticas provocan dos cambios importantes en la cama de granos fermentados: uno es la formación de ácido acético que provee de acidez al grano y repercute en los cambios de pH y otro es un incremento de temperatura a partir del primer día en un rango de 27 °C a 50 °C (ver figura N°07) en los días subsiguientes de fermentación.

Los ácidos producidos por los microorganismos en la pulpa son difundidos hacia los cotiledones, lo cual causa un aumento de la acidez y una consecuente disminución del pH en esta fracción (*López, 1983*), que es

favorecido por el aumento de la aireación en el proceso (Schwan *et al.*, 1990; Senanayake *et al.*, 1997), provocando reacciones de hidrólisis y oxidación de pigmentos (Schwan *et al.*, 1990). El aumento de la acidez y de la temperatura conlleva a la muerte del embrión y a una lisis parcial de las paredes celulares, lo que permite el contacto de las diferentes enzimas con sus respectivos sustratos, ocasionando las reacciones que originan los precursores del sabor a chocolate (Cros & Jeanjean, 1995).

La acidificación de los granos durante el proceso fermentativo tiene un efecto favorable sobre el sabor del cacao, debido a que la actividad proteolítica es óptima a pH 3,5-4,5, no obstante, una acidez excesiva reduce el potencial del sabor (Biehl *et al.*, 1985).

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) a las 72 y 96 horas del proceso de fermentación y la prueba Duncan para medias indicó que a las 72 horas  $T_1$ , con valor de 0,68 %, obtuvo mayor acidez volátil que  $T_2$  y  $T_0$  con valor de 0,50 % para ambos tratamientos; a las 96 horas la prueba Duncan nos señala que los tres tratamientos son diferentes, donde  $T_1$  obtuvo el mayor valor con 1,39 % seguido de  $T_0$  con 1,23 % y por último  $T_2$  con 1,21 % (ver anexo N°14).

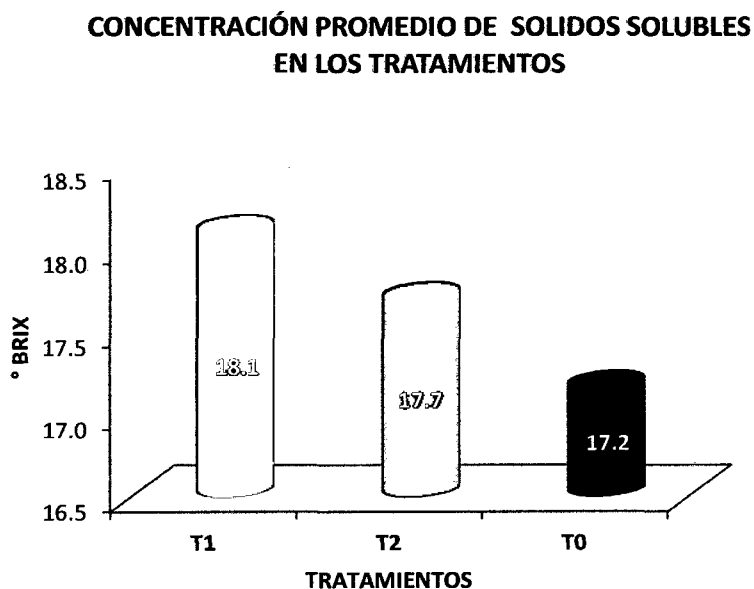
Los tres tratamientos mostraron un comportamiento similar en cuanto a tendencias (Figura N°12) sin embargo el análisis estadístico muestra que hay diferencia significativa a las 72 y 96 horas del proceso de fermentación al igual que el análisis de varianza en cuanto a pH y la temperatura, lo que quiere decir que estas variables están íntimamente relacionadas entre sí, y las diferencias que se pueden apreciar pueden estar asociados a los niveles de concentración en el sustrato presentes en el mucilago.

#### **4.1.1.5 Sólidos Solubles (% SS)**

Las barras que se muestran a continuación representan el contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix para todos los tratamientos, cuyos valores fluctúan entre 17 – 18 °Brix, siendo el mayor valor en promedio para el  $T_1$ .

El alto contenido de azúcares en la pulpa favorece el desarrollo de las levaduras durante el proceso fermentativo, las cuales promueven la fermentación alcohólica, con un consecuente aumento de la acidez y de la temperatura que lleva a la muerte del embrión y a una lisis parcial de las paredes celulares, ocasionando las reacciones que originan los precursores del sabor a chocolate (Cros & Jeanjean, 1995). La pulpa que envuelve las semillas es dulce y, ácida por la presencia de ácido cítrico (Braudeau, 1970; Cros & Jeanjean, 1995).

El análisis estadístico muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre estos tres tratamientos (ver anexo 12) donde el T<sub>1</sub> muestra el valor más alto con 18,1 %. como se puede apreciar en la figura N° 13, este valor está relacionado directamente con los resultados obtenidos en el análisis de la evolución de temperatura, acidez y en consecuencia el pH.



**Figura N°13:** Concentración promedio inicial de sólidos solubles en los tratamientos para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.

*García et al., (2002)* afirma que la cantidad de mucílago es un factor que repercute en el grado de acidez del grano e influencia en los cambios de temperatura; este aspecto está en función de la estacionalidad del año y del genotipo del grano, como la cosecha se hizo para los tres tratamiento el mismo día y el cacao utilizado fue una mezcla de clones entre forasteros y trinitarios la única variable que queda es el color de la mazorca del cacao clonal, lo cual indica que los frutos de color amarillo resultan tener mejores condiciones para la fermentación en cuanto a la cantidad sólidos solubles presentes en el mucílago, por otro lado los valores obtenidos en los diferentes tratamientos no difieren de los de *Penha y Da Matta et al., (1998)* quienes hallaron la cantidad de sólidos solubles en un rango de (17-19° Brix) en la pulpa de cacao de Bahía, Brasil.

Probablemente el menor valor encontrado en T<sub>0</sub> se deba a que durante el proceso de homogenizado para acondicionar el tratamiento hasta el momento de la toma de muestras, existió una primera fermentación que degradó los azúcares presentes en el mucílago.

#### 4.1.2 Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado

Durante los siete días que duro el proceso de secado se registró una temperatura ambiente promedio de 24.37 °C y humedad relativa promedio de 80.12% y los resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado del grano de cacao se muestran en el cuadro N°08.

CUADRO N°08: Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO EN EL PROCESO DE SECADO	EVALUACIONES	TRATAMIENTOS		
		T0	T1	T2
	HUMEDAD FINAL DEL GRANO	6,64	6,25	6,58
	%ACIDEZ FINAL (Ac. acético)	0,34	0,38	0,34
	pH FINAL	5,69	5,45	5,62

T<sub>0</sub>: Testigo

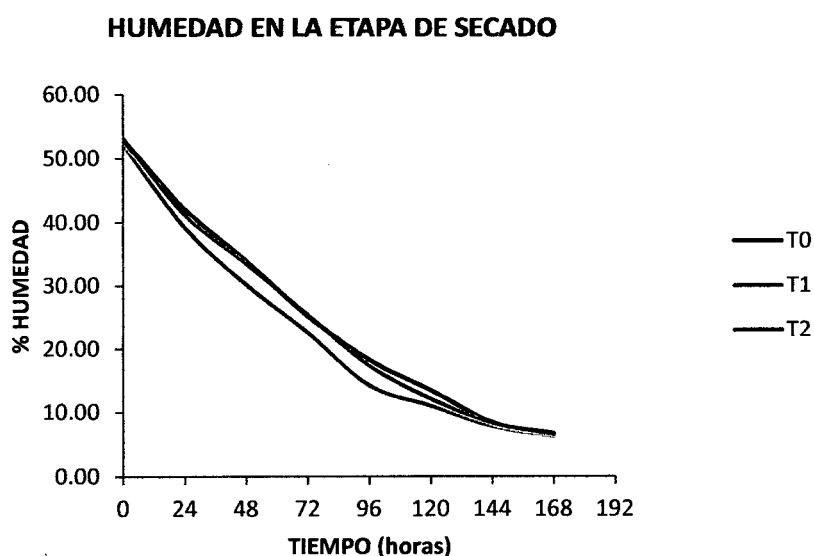
T<sub>1</sub>: Granos provenientes de cacao clonal de frutos amarillos.

T<sub>2</sub>: Granos provenientes de cacao clonal de frutos anaranjado rojizo

#### 4.1.2.1. Humedad de la masa total del cacao fermentado

El contenido de humedad es un factor importante de calidad para la preservación en empaques, transporte y almacenamiento, también constituye un criterio de identidad, (Bradley et al., 2003). En este proceso, la pérdida de agua es gradual y continua (Jinap et al., 1994; Ghosh & Cunha, 1975; Días & Ávila, 1993), debiendo tener cuidado en secar lentamente al cacao.

Durante el secado natural del cacao, la velocidad promedio del descenso de la humedad en el grano está en función del tiempo de secado y varía considerablemente según las condiciones climáticas imperantes al exponer los granos al sol, dependiendo de la temperatura ambiente y velocidad del viento, (Ghosh & Cunha, 1975), puesto que el calor y el movimiento del aire contribuyen a la remoción de la humedad (Jinap et al., 1994). Teniendo en cuenta este factor se registró la temperatura ambiente (24,37 °C) y Humedad Relativa (80,12%). durante los días del proceso de secado.



**Figura N°14:** Curva de humedad en el proceso de secado en los tratamientos para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.



El análisis de varianza muestra diferencia significativa solo a las 96 horas del proceso de secado donde la prueba Duncan indicó que el T<sub>1</sub> mostró el valor más bajo en comparación del T<sub>2</sub> y T<sub>0</sub> (Ver anexo 13) a pesar de haber estado sometido a las mismas condiciones, esto puede deberse al bajo calibre o peso de granos del T<sub>1</sub> (Ver anexo 20).

Los tres tratamientos mostraron el mismo comportamiento en cuanto a tendencia, como se puede apreciar en la figura N°14, la diferencia que se puede apreciar a las 96 horas de secado puede haberse debido al calibre de los granos, lo cual estaría indicando que el T<sub>1</sub> posee granos de menor grosor en comparación que T<sub>2</sub> y T<sub>0</sub>.

La humedad final que se obtuvo en los tres tratamientos está en un rango de 6 a 7 %, lo cual es óptimo para la preservación y permite considerarlos como productos seguros con prolongada vida de almacenamiento (*Bradley et al., 2003*).

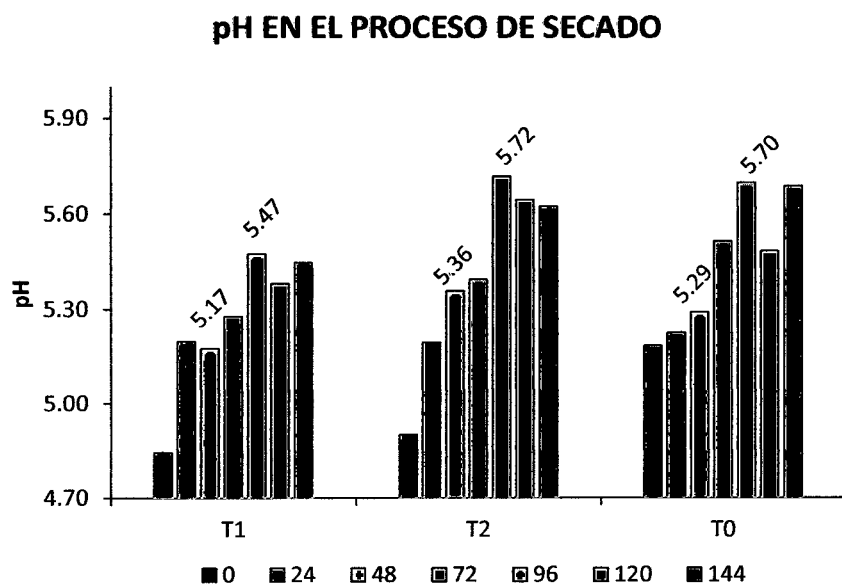
El secado es una etapa del beneficio del cacao en la que se elimina el exceso de humedad de los granos por calentamiento y se completa la formación del aroma y sabor a chocolate. Al finalizar la fermentación del cacao el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, que debe ser reducido hasta un valor próximo de 6 a 7%, máximo a 8% para evitar el desarrollo de mohos que deterioran la calidad, (*Rohan, 1964*) y además para facilitar el almacenamiento, (*Cros & Jeanjean, 1995; Jinap et al., 1994*), transporte, manejo y comercialización del cacao.

*Enríquez (2000)*, también menciona que la masa total del fermentado contiene aproximadamente entre 60 a 55 % de humedad y que durante el secado dependiendo del método, el grano pierde rápidamente la humedad hasta llegar a 6 u 8 %.

#### 4.1.2.2. pH

El pH mostró un comportamiento variable durante el secado, de forma que para los tres tratamientos los valores se registraron en forma ascendente.

En la figura N° 15 se puede ver como el pH, en el secado, se incrementa (*Jinap et al., 1994; Nogales, 1999; Rodríguez & Rojas, 2000*) debido a la pérdida de ácidos conjuntamente con la evaporación del agua, (*Días & Ávila, 1993*). Además, los compuestos fenólicos disminuyen por difusión fuera del cotiledón y por la formación de complejos con las proteínas y los polisacáridos (*Brito, 2000*). Al final del secado, el cacao presentó un pH de 5,45 para el T<sub>1</sub>; 5,62 para T<sub>2</sub> y 5,69 para el T<sub>0</sub>, estos resultados están en el rango de (5,50 - 5,80) señalado por *Jinap et al., y Dimick (1990)*, según el cual se incluye a los tipos de cacao en estudio en el grupo de cacaos con alto pH.



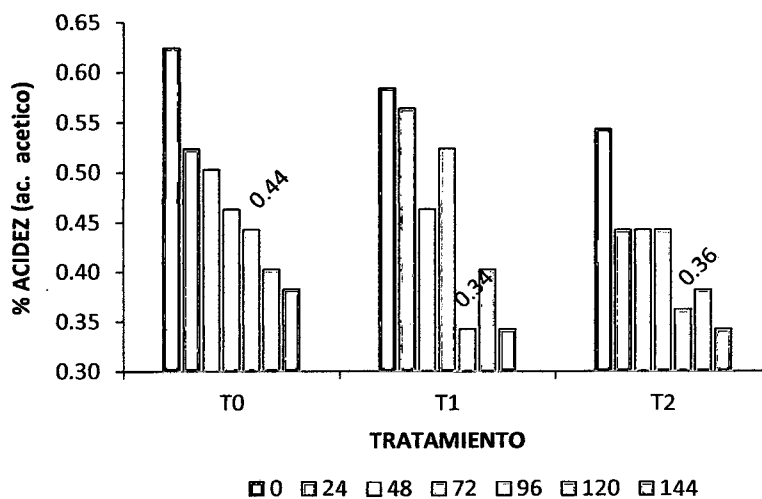
**Figura N°15:** Evolución del pH en el proceso de secado en los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos a las 0, 24, 48, 72, 96, 120, y 144 horas de secado.

Bonaparte et al., (1998) mencionan que el pH debe estar en un mínimo de 4,78; y otros estudios como lo obtenido por Rodríguez y Rojas (2000), mencionan para el cacao seco tipo forastero un pH de 4,97, menor que el del cacao tipo criollo a un pH de 5,48 y, Nogales et al., (1999), por otro lado encontraron un pH de 5,51 durante el proceso de secado de cacao criollo.

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) durante el proceso de secado a las 48 y 96 horas de iniciado el proceso de secado; y la prueba Duncan indica que  $T_1$  obtuvo valores más bajos de pH que  $T_2$  y  $T_0$  a pesar de esto al final del proceso los valores solo mostraron diferencia numérica mas no estadística. (Ver anexo 14)

#### 4.1.2.3. Acidez.

Durante el secado la acidez experimenta una disminución en su contenido tal como se muestra en la figura N° 16



**Figura N°16:** Evolución de la acidez en el proceso de secado para los tratamientos  $T_0$ , Testigo;  $T_1$ , granos de frutos amarillos y  $T_2$ , granos de frutos anaranjado-rojizos a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas de secado.

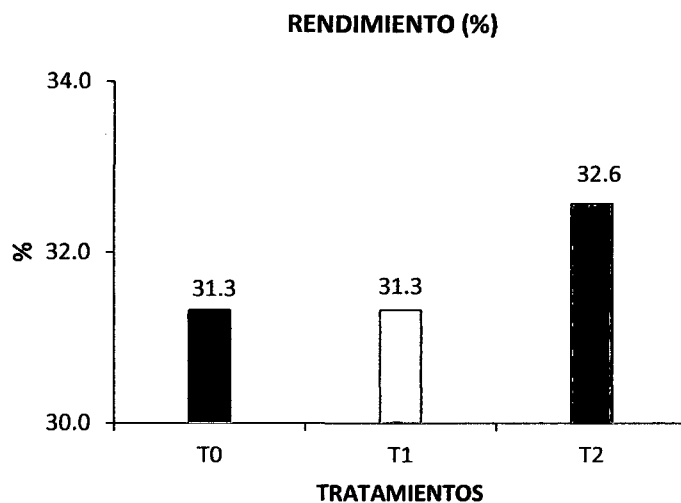
Esta reducción de la acidez de los granos coincidió con el mayor descenso de la humedad. Al respecto, varios investigadores observaron que conjuntamente con la pérdida de agua que se produce durante el secado, ocurre una merma de la acidez, específicamente de los ácidos volátiles y libres, (Días & Ávila, 1993). Esta disminución de la acidez es favorecida cuando el secado procede lentamente, (Días & Ávila, 1993) y se establece un balance entre las velocidades de evaporación del líquido en la testa y de la difusión de los líquidos del cotiledón (Jinap et al., 1994).

El análisis de varianza arrojó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) sólo a las 96 horas de iniciado el proceso de secado, y la prueba Duncan señala que la acidez en el  $T_1$  es superior a la acidez en el  $T_0$  y  $T_2$ , esto debido probablemente a la influencia del tamaño de los granos ( $T_1$  posee menor calibre que  $T_2$ ) el cual hace que se sequen de manera más rápida y por lo tanto influye en el contenido de acidez. En tanto, Whitney (2001) afirma que si la temperatura y la velocidad del aire son muy fuertes solo se seca la parte exterior del grano formándose una corteza dura sobre éste, impidiendo de esta manera la salida del ácido acético, lo que provoca que el cacao tenga mayor acidez. No obstante la acidez al final del proceso no mostró diferencia significativa lo cual indica que es posible que a las 96 horas de secado hubiera habido presencia de vientos y temperatura más elevada en comparación con los demás días en los que se realizó el proceso de secado.

## **4.2. Análisis en el producto terminado**

### **4.2.1. Rendimiento de cacao fermentado y seco.**

El rendimiento del grano fermentado y seco representado por las barras graficadas en la figura N° 17 indica que de cada 100 kg en baba de cacao se obtendrá (31,3 – 32,6kg) de cacao seco con una humedad entre 6 - 7%. Los datos exactos para cada tratamiento con su respectiva repetición se pueden ver en el anexo N° 7.



**Figura N°17:** Rendimiento del grano de cacao fermentado y seco para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.

Los análisis estadísticos realizados indican que no existe diferencia significativa entre los tres tratamientos por lo que podemos decir que el color del fruto de cacao no influencia en su rendimiento (ver anexo N°16).

#### **4.2.2. Calidad física**

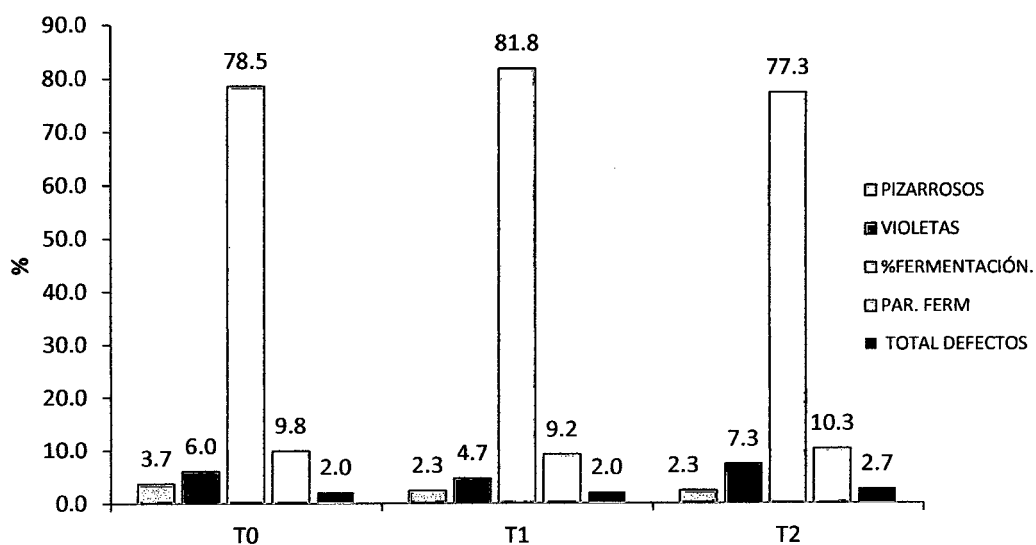
La comparación de los valores que se obtuvieron en el estudio con respecto a la calidad física que el mercado exige se puede apreciar en el anexo N°9, de donde podemos decir que los resultados obtenidos los tratamientos entran en la clasificación ASSS y ASS, siendo mejor el resultado en el T<sub>2</sub>.

##### **4.2.2.1. Índices físicos: Prueba de corte**

En cuanto a los índices físicos de los granos fermentados y secados al sol, se observó que el grado de fermentación fue superior en el cacao clonal de frutos amarillos con un promedio de 81,83 % a diferencia de los demás tratamientos con 77,33 % para el tratamiento de cacao clonal de frutos anaranjado rojizos y 78,50 % para el testigo, estos valores se encuentran en el rango establecido de los granos con buena fermentación.

Los índices físicos de calidad de los granos secos, los cuales se pueden apreciar en la figura N°18, se relacionan con el grado de madurez de los frutos, observándose que frutos que no están completamente maduras dan origen a granos insuficientemente fermentados, violáceos y pizarrosos, ya que carecen de suficiente cantidad de azúcar para una adecuada fermentación. (Rohan et al., 1964).

También se ha observado que el uso de granos provenientes de frutos dañados o enfermas propicia la presencia de granos negros en el cacao seco. (Braudeau, 1970; Rohan, 1964). Así mismo, los granos son afectados por el almacenamiento del fruto previo a la fermentación (Barel, 1987; Días & Ávila, 1993; Torres et al., 2004) y por la frecuencia de remoción de la masa fermentante, (Senanayake et al., 1997), factores que al acelerar el proceso fermentante, (Barel, 1998; Torres et al., 2004), incrementan el porcentaje de granos fermentados y pueden ocasionar una sobre fermentación en la cual los granos toman un color negro o pardo oscuro (Rohan et al., 1964).



**Figura N° 18:** Promedio de índices físicos del cacao fermentado y seco para los tratamientos T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado-rojizos.

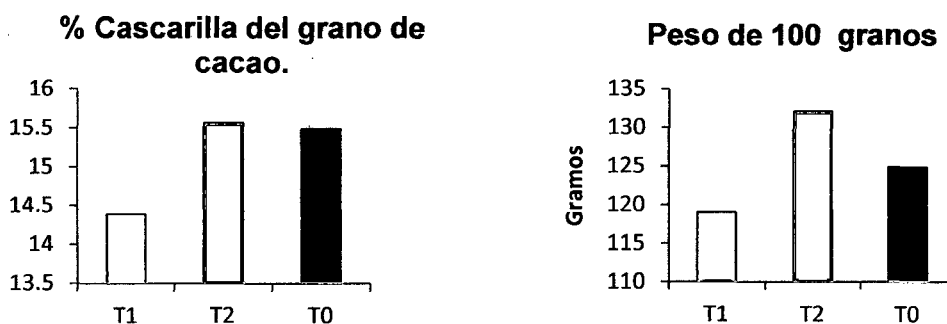
El análisis de varianza para los índices físicos promedio en el cacao reveló que no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto a los granos parcialmente fermentados, violetas y defectuosos pero si existe diferencia significativa entre el porcentaje de fermentación y la cantidad de granos pizarrosos. La prueba Duncan señala que los granos provenientes de frutos amarillos tienen mayor cantidad de granos fermentados que los granos provenientes de frutos anaranjado-rojizos y el testigo, y que entre estos dos últimos tratamientos mencionados no existe diferencia significativa alguna. Con respecto a la cantidad de granos pizarrosos no existe diferencia entre los granos de frutos amarillos y granos de frutos anaranjado rojizos pero, si de estos dos, con respecto al testigo siendo mayor el valor en este último tratamiento mencionado (ver anexo N°19)

#### **4.2.2.2. Propiedades físicas: peso del grano y porcentaje de cascarilla**

La homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño resultan de suma importancia para la industria procesadora, ya que afecta la proporción de cáscara o testa, contenido de grasa y la efectividad del proceso de tostado. (*Powell et al., 1981; Manual De Productos Básicos, 1991*).

Altas temperaturas y largo tiempo de tostado eliminan las especificaciones aromáticas de cacaos finos de aroma y favorece, primero, al desarrollo de un aroma térmico y luego a quemado (*Cros, 2004b*). Para ello es importante conocer el porcentaje de cascarilla y el peso del grano, de lo contrario se corre el riesgo de sobre tostar las almendras o, en caso contrario pueden quedar parcialmente tostadas afectando el desarrollar del aroma característico del cacao (*Amores, 2004*).

El peso del grano y porcentaje de cascarilla variaron, los resultados señalan que los granos de mazorca anaranjado rojizo obtuvieron mayor porcentaje de cascarilla (15,56 %) y mayor peso del grano (132,09 g. por 100 granos) con respecto a los granos provenientes de frutos amarillos y la mezcla.



**Figura N° 19:** Propiedades físicas de las almendras de cacao según el color de su mazorca, siendo T<sub>0</sub>, Testigo; T<sub>1</sub>, granos de frutos amarillos y T<sub>2</sub>, granos de frutos anaranjado - rojizos.

*Stevenson et al., (1993)*, establecieron una relación entre el peso promedio de la almendra de cacao sometida a fermentación y secado con su contenido de cáscara. Estos autores concluyeron que almendras con pesos que varían desde 100 g a 150 g poseen un menor contenido de cáscara (entre el 10, 0 y el 11,7%) y aquellos granos con pesos comprendidos entre 50 g y 100 g poseen contenido de cáscara entre el 12,0% y el 13,8%. *De Witt, en 1953, citado por Hardy (1961)* también señaló una relación aproximada entre el peso del grano y el contenido de testa, siendo el porcentaje de cascarilla o testa para los granos grandes de un 10 % (con variaciones entre 11 y 12 %); en los granos de menor tamaño y medianos rendirían porcentajes comprendido entre 12 % y 16 % de testa.

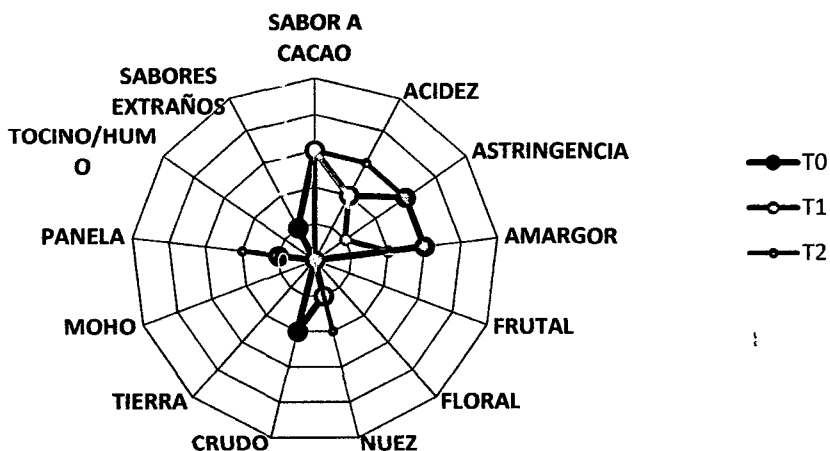
En este estudio, la relación peso / % de cascarilla o testa señalada por los autores antes mencionados; no se cumple. En la Figura N°19, se observa que mientras los valores de peso del grano son mayores, estos mostraron más porcentaje de cascarilla. Estos parámetros son de suma importancia para la industria, ya que el tostado de los granos por encima de temperaturas de 100 °C durante tiempos comprendidos de 20 a 40 min produce cierta migración de la manteca a la cáscara, lo que genera pérdidas de ésta última al descartarse la cáscara o testa, así como también pueden eliminarse compuestos responsables de ciertas características sensoriales afectadas por la temperatura (FEDECACAO, 2010).



El análisis de varianza para la variable peso de 100 granos señala que hay una diferencia estadística según el color de la mazorca, en cuanto al peso de los granos y, la prueba Duncan indica que tanto  $T_0$  como  $T_1$  son estadísticamente iguales pero, que ambos tratamientos son estadísticamente diferentes con respecto a  $T_2$ , donde  $T_2$  tiene mayor peso que  $T_1$  y  $T_0$ ; en resumen queda claro que los granos de frutos anaranjado rojizos son de mayor tamaño que los granos de frutos amarillos.

Con respecto al porcentaje de cascarilla, el análisis de varianza no arrojó diferencia significativa alguna entre los tratamientos, aun así hubo una diferencia numérica que se puede notar claramente en la figura N° 19.

#### 4.2.3. Calidad sensorial de las almendras de cacao



**Figura N°20:** Perfil de sabores según el color de la mazorca de cacao para los tratamientos  $T_0$ , Testigo;  $T_1$ , granos de frutos amarillos y  $T_2$ , granos de frutos anaranjado-rojizos.

Siendo: 0 = no se percibe  
 1 a 3 = leve a moderado  
 3 a 5 = moderado  
 5 a 7 = fuerte  
 7 a 8 = muy fuerte  
 8 = intenso

Para el fabricante, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. En la figura N° 20 se muestra los perfiles de sabores básicos, específicos y adquiridos para los diferentes tratamientos según el color del fruto.

#### **4.2.3.1. Sabores básicos (Amargor, astringencia, acidez y dulce)**

La mayor intensidad de amargor se detectó en las muestras de los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>0</sub> con un valor de 3 puntos en ambos casos. Los valores de astringencia fluctuaron entre 1 y 3 puntos; siendo el valor más alto para los tratamientos T<sub>0</sub> y T<sub>2</sub> y el más bajo, para T<sub>1</sub>. En las muestras del tratamiento T<sub>2</sub> se encontró mayor valor para la acidez (3 puntos), mientras que las muestras T<sub>1</sub> y T<sub>0</sub> los valores fueron menores (2 puntos). El sabor dulce básico está representado por el sabor a panela en el perfil, la muestra T<sub>2</sub> muestra el valor más alto con 2 puntos seguido de la muestra T<sub>0</sub> con 1 punto y en la muestra T<sub>1</sub> no presento este valor.

En los tres tratamientos se encontraron bajos niveles de acidez, astringencia y amargor lo cual es un indicativo que el color de la mazorca no causa un déficit en la fermentación ya que en los tres casos se obtuvo niveles de fermentación que se consideran como aceptables a pesar de que hubo diferencia significativa en cuanto a porcentajes; estos resultados se ven reflejados en el análisis sensorial, los cuales coinciden con *Cros (2004)* quién sostiene que un chocolate elaborado de almendras con una fermentación incompleta tendrá un alto valor de amargor y astringencia en caso contrario, niveles bajos.

#### **4.2.3.2. Sabores específicos (Cacao, frutal, floral, nuez.)**

Las muestras de los tres tratamientos en estudio obtuvieron el mismo valor (3 puntos) en cuanto a sabor a cacao, esto debido posiblemente al tipo genético a que pertenecen. *Ramos et al., (2005)*, mencionan que el sabor a cacao es típico de los cacaos tipo Forasteros y Trinitarios. El sabor frutal y floral no fue detectado en los tres tratamientos; en la muestra del T<sub>2</sub> se

detectó el valor más alto en cuanto a sabor a nuez seguido  $T_0$  y  $T_1$ , con 2 puntos.

#### **4.2.3.3. Sabores adquiridos (Moho, tierra, crudo humo, sabores extraños)**

Solo en la muestra del tratamiento  $T_0$  se estableció la presencia de sabores adquiridos, en el que destacó el sabor a crudo con 2 puntos, el cual pudo haber estado influenciado por su falta de homogeneidad en el calibre de sus granos, ya que existe diferencia significativa en cuanto al calibre de los granos procedentes de frutos amarilla y los de mazorca anaranjado rojizo, por lo que es obvio pensar que la mezcla tenga granos de diferentes calibres entre los más grandes y más pequeños, motivo por el cual se efectuó un tostado inadecuado. Por otra parte en esta muestra también se encontró presencia de sabores extraños con 1 punto, el cual pudo haber adquirido en el proceso de secado, cabe recalcar cuán importante es el proceso de secado para llegar a obtener un cacao de calidad tanto fisicoquímica como organoléptica.

Numerosas investigaciones han determinado la importancia de los compuestos involucrados en la formación del aroma del cacao y por ende, el desarrollo de los precursores del sabor a chocolate. En ese sentido; los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los ésteres originan un sabor a fruta. Así mismo el grado de astringencia del chocolate, está determinado por los compuestos poli fenólicos y el amargor por las purinas (cafeína y teobromina), el complejo polipéptidos fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor a dulce y nuez (*Jeanjean, 1995*).

## V. CONCLUSIONES

1. Los granos de cacao de frutos amarillos poseen mejores condiciones químicas, principalmente por su mayor valor en Sólidos Solubles (18,1%) y su nivel de pH (5,43), el cual hace que el medio sea adecuado para el desarrollo de los microorganismos y así alcanzar un buen nivel de fermentación. Sin embargo, su bajo calibre, lo hace vulnerable a los procesos térmicos ya que temperaturas mayores de 100 ° C por tiempos entre 20 y 40 minutos debilitan aromas presentes en los cacaos finos (FEDECACAO, 2010).
2. En el proceso de fermentación, se observó que los granos procedentes de frutos amarillos alcanzaron mayor temperatura en menor tiempo (48,17 ° C a las 120 horas), así como también se obtuvo mayor valor en cuanto a la acidez (1,39 %); esto posiblemente a causa de su mayor contenido de sólidos solubles (18,1%) por lo que resulto con un mayor porcentaje de fermentación (81,8%), y un como reflejo de este valor, su sabor suave (bajo amargor y astringencia).
3. En general, el color del fruto influenció en cuanto a la calidad de los granos fermentados y secos, así tenemos que para los granos de frutos amarillos, menor calidad física (118,98 gr. por cada 100 almendras) y básica calidad organoléptica (sabor suave); y para los granos de frutos anaranjado rojizos mayor calidad física (132 g. por cada 100 granos) y fina calidad organoléptica (mayor intensidad de sabor a nuez y panela).

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Tener en cuenta siempre las condiciones de secado para no influenciar negativamente en las características de calidad fisicoquímica y organoléptica del cacao.
2. Determinar los parámetros de secado natural (espesor de la masa de cacao, tiempo de remoción y horas de exposición al sol) según el tamaño del grano de cacao.
3. Mantener la homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño, que resulta de importancia para la industria chocolatera, ya que determina las condiciones del proceso de tostado (tiempo y temperatura), fundamental para mantener la calidad del producto.
4. Profundizar la investigación evaluando a los clones utilizados y la calidad que se generan a partir de cada uno de ellos, para determinar la influencia de estos según el color del fruto.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO. AGROCALIDAD. (2011). Requisitos cacao en grano. Ecuador.
2. ALVARADO, M. R Y BULLARD, E. T. (1961). Variation of bean characteristic in hybrid cacao progenies, proceeding of the Caribbean Region, America Society Horticultural Sciences 5.
3. ÁLVAREZ, CLÍMACO. (1997). Estudio comparativo de las características físicas y químicas de genotipos criollos e híbridos de cacao (*Theobroma Cacao L.*) de cuatro zonas del estado Aragua. Tesis de Maestría I.T.A. – U.C.V, Ginebra. [On Line] (<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2793313>)
4. ÁLVAREZ, C.; PINTO, J. Y PÉREZ, E. 2001. Caracterización fisicoquímica de granos (tostados) y mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la región de Cumboto, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, [On Line] [www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html](http://www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html).
5. AMIN, I., S. JINAP, and B. JAMILAH. (1997). Vicilin-class globulins and their degradation during cocoa fermentation. *Food Chem.* 49(1):1-5.
6. AMORES, F. (2004). Cacaos finos y ordinarios. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica. Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador.
7. ANECACAO: ASOCIACION NACIONAL DE EXPORTADORES DE CACAO. ECUADOR, (2009). [On Line] Ecuador (<http://www.anecacao.com.ec>).
8. ARMIJOS, A. (2002). Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao L.*) fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación, Tesis Lic. En Química, Quito, Ecuador.
9. ASSOCIATION OF THE ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. (1997). Official methods of analysis. 16th Edition. Gaithersburg, Maryland, USA.
10. BAREL, H. (1987). Délai d' écabossage. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. [On Line] Ginebra. (<http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/65.PDF> 1998)
11. BEKELE, F, A. KENNEDY, C. MCDAVID, F. LAUCKNER. (1994). Numerical taxonomic studies on cacao (*Theobroma cacao L*) in Trinidad. *Euphytica* [On Line] Ginebra. (<http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/40.PDF> 1995)

12. BIEHL, B., E. BRUNNER, D. PASSERN, V. QUESNEL and D. ADOMAKO. (1985). Acidification, proteolysis and flavour potential in fermenting cocoa beans. [On Line] Ecuador. ([http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia+Tropical/at5901/pdf/bertorelli\\_I2.PDF](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia+Tropical/at5901/pdf/bertorelli_I2.PDF) Agosto 1998)
13. BONAPARTE, A., Z. ALIKHANI, C. MADRAMOOTOO AND V. REGHAVAN. (1998). Some quality characteristics of solar dried cacao beans in St. Lucia. J. Sci. Food Agric.
14. BRAUDEAU, J. (1970). El Cacao, Traducido por A. Hernández C., Barcelona, España.
15. BRITO, E., N. PEZOA, M. GALLAO, A. CORTELAZZO, P. FEVEREIRO, M. BRAGA. (2000). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation, drying and roasting. Ecuador. [On Line] (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v51n2/art01.PDF> Junio 2008)
16. CALDERÓN, L (2002). Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación con la calidad. Tesis Lic. En Química, Quito Ecuador.
17. COMPAÑÍA NACIONAL DE CHOCOLATES DE COLOMBIA, S.A. (1988.) Manual para el cultivo del Cacao, Colombia. Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, 1993 Memorias, Lagos, Nigeria.
18. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. COVENIN. (1995). Norma venezolana N° 50. Clasificación de lotes de granos de cacao de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela.
19. CROS, E. (2004 a). Factores condicionantes de la calidad del cacao. In Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, CIRADCP, Maison de la Technologies, Montpellier Cedex 1, Francia. [On Line] en [www.redcacao.info.ve/memorias/html/02html](http://www.redcacao.info.ve/memorias/html/02html).
20. CROS, E. (2004 b.) Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases Bioquímicas del perfil aromático. In Taller Internacional de Calidad Integral De cacao Teoría y Práctica. Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador.
21. CROS, E.; (1997). Torréfaction. In: Cacao et Chocolat Production et caractéristiques. Lavoisier (Paris), à paraître. [On Line] en [www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/11:pdf](http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/11:pdf)

22. CROS, E. and N. JEANJEAN. (1995). Cocoa quality: effect of fermentation and drying. Plantations, recherche, développement. SCIELO, Venezuela. [On Line] (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)
23. CROS, E.; MERMET G.; JEANJEAN N.; Y GEORGES G. (1994). Relation précurseurs développement de l'arôme cacao. In 11° Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, Memorias, Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance.
24. CUBERO, EM.; ENRÍQUEZ, G.; HERNÁNDEZ, A. Y RODRÍGUEZ, T. (1993.) Indicadores químicos de la fermentación del cacao seco en grano en Costa Rica, In Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, Memorias, Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance.
25. DIAS, J. E M. AVILA. (1993). Influência do período de póscolheita do fruto, sistema de revolvimento da massa e tempo de fermentação sobre a acidez do cacau. [On Line]. CTIE, Venezuela. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3264E/A3264E00.PDF> Octubre 2004)
26. ENRÍQUEZ G. A. (1966). Selección y estudios de los caracteres de la flor, la hoja y la mazorca, útiles para identificación y descripción de cultivares de cacao. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICACATIE.
27. ENRÍQUEZ G. A. (1993). Control de calidades durante un proceso productivo, Revista INIAP Quito, Ecuador.
28. ENRÍQUEZ G. A. (1995.) Beneficio del cacao, Quito, Ecuador. INIAP. Boletín Divulgativo.
29. FAO. (1993). La ingeniería en el desarrollo - manejo y tratamiento del grano pos cosecha. Roma, Italia. [On Line] [www.fao.org/docrep/x50415/x5041S04.htm](http://www.fao.org/docrep/x50415/x5041S04.htm) #almacenamiento.
30. FAO. (2000). Inocuidad y Calidad de los alimentos en relación con la agricultura orgánica, 22° Conferencia Regional de la FAO para Europa, oporto Portugal. [On Line] [www.fao.org/docrep/meeting/x49835.htm](http://www.fao.org/docrep/meeting/x49835.htm)
31. FEDERACION NACIONAL DE CACAOTEROS (FEDECACAO). (2010). Caracterización organoléptica del cacao. Bogotá, Colombia
32. FUNDACITE. (2000). Manejo del cacao. venezuela [On Line] [www.cacao.fundacite.org.gov.ve/index.html](http://www.cacao.fundacite.org.gov.ve/index.html)



33. GARCIA P., URRIETA J., MORALES R., GARCIA M. (2002). Perfiles de concentración interna de acidez volátil a través de la fermentación de cacao.
34. GHOSH, B. AND J. CUNHA. (1975). Effect of season on sun drying of cocoa beans in Brazil. CATIE Turrialba, Costa Rica. [On Line] (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Febrero 2002).
35. GRAZIANI, L. F., ORTIZ, L. B., LEMUS, M. Y PARRA, P. (2002). Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacao sobre algunas características químicas durante la fermentación. SCIELO, Ecuador. [On Line] (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Junio 2003)
36. GRAZIANI, L. F. (2003). Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV. [On Line] [www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html](http://www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html)
37. GONZÁLEZ, F., ORTIZ L. B., GRAZIANI L. F., E. MONTEVERDE-PENSO. (1999). Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) [On Line]. CATIE Turrialba, Costa Rica. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Enero 2002).
38. GUTIÉRREZ, J. (2000). Cacao producto fino y de aroma, en cultivos controlados. Quito, Ecuador.
39. HARDY, F. (1961). Manual del Cacao. IICA CATIE Turrialba, Costa Rica. [On Line] (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Diciembre 2002)
40. HERNÁNDEZ, T. (1991). Cacao, sistema de producción en la Amazonía peruana: prácticas de Post cosecha. Programa de Producción Agroindustrial y desarrollo Rural Alternativo UNFDACPNUD/ OSP, Tingo María, Perú.
41. 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. [On Line] [www.cacao.sian.info.ve](http://www.cacao.sian.info.ve).
42. JIMÉNEZ, J.C. (2000). Efectos de dos Métodos de Fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivados en la zona de Quevedo, Provincia de Los Ríos. Universidad Estatal de Bolívar, Ecuador.
43. JIMÉNEZ, J.C (2003). Prácticas del Beneficio del Cacao y su Calidad Organoléptica.

44. JINAP, S. AND P. DIMICK. (1990). Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. Venezuela. [On Line] (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)
45. JINAP, S., J. THIEN and T. YAP. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. Venezuela. [On Line] (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)
46. JINAP, S., J. THIEN and T. YAP. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. Venezuela [On Line] (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)
47. LIENDO, RIGEL J. (2003). Origen del aroma del Cacao. Revista Digital CENIAP HOY No. 1, enero abril 2003. Maracay, Aragua, Venezuela. [On Line] [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n1/texto/rliendo.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n1/texto/rliendo.htm)
48. LÓPEZ B.O. (1984). Herencia de los caracteres de la semilla de cacao (*Theobroma cacao*, L.). Costa Rica. IICA.
49. LÓPEZ, A. (1983). Factors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. Revista Theobroma.
50. MANUAL DE PRODUCTOS BÁSICOS. (1991), Universidad de Ginebra: Cacao fino de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial. Centro de comercio interno. UNCTAD/ GATT, Ginebra.
51. MINISTERIO DE AGRICULTURA 2012, CACAO, publicado por la dirección de información agraria, versión PDF. Lima, Perú. [On Line]: [www.minag.com.pe](http://www.minag.com.pe).
52. MEYER, B, B. BIEHL, M. BIN SAID AND R. SAMARAKODDY. (1989). Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia.
53. MOREIRA, D. M.( 1994). La Calidad del Cacao, Revista INIAP No 4.
54. MORENO, L. J. Y SÁNCHEZ, J. A. (1989). Beneficio del Cacao. Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas.
55. NAVARRETE, J. (1992). Evaluación de tiempos y métodos de fermentación con diferentes volúmenes de cacao (*Theobroma cacao* L.) de ascendencia nacional, para condiciones tropicales húmedas. Tesis Ing. Agr. Portoviejo Ecuador. Universidad Técnica de Manabí.

56. PASTORELLY, D. M. (1992). Evaluación de algunas características del cacao tipo Nacional de la colección de la zona de Tenguel, Tesis Ing. Agr. Guayaquil Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador.
57. PÉREZ, R. (1999). Manejo post cosecha del Cacao, INIAP, Quevedo, Ecuador.
58. PINTO, J. & ÁLVAREZ, C. (2001). Comparación de parámetros fisicoquímicos de granos tostados de cacao (*Theobroma cacao L.*) de dos zonas del Estado Aragua, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, [On Line]: [www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html](http://www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html)
59. PONS, J.C. & SIVARDIERE, P. (2002). Manual de capacitación; Certificación de calidad de los alimentos orientada a sellos de atributos de valor en países de América Latina. [On Line]: [www.fao.org/foro/alimentos](http://www.fao.org/foro/alimentos)
60. PORTILLO, E; GRAZIANI L. Y CROS E. (2006). Efectos de algunos factores post cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*). Revista digital de la Facultad de Agronomía. Vol. 23 N° 1. Caracas Venezuela. [On Line][www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?scrip=sciartext&pid=S037878182006003000005&lng=es&nrm=iso>.ISSN0378](http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?scrip=sciartext&pid=S037878182006003000005&lng=es&nrm=iso>.ISSN0378)
61. PORTILLO E., LABARCA M., GRAZZIANI L., CROS E., ASSEMAT S., DAVRIEUX F., BOULAGER R. (2011). Influencia de la condiciones del tratamiento post cosecha sobre la temperatura y acidez en granos de cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*)
62. POWELL, B. D. (1981). Calidad de las almendras de cacao. Necesidades del fabricante. El Cacaotero Colombiano
63. QUIROZ, J. (1990). Estudio de la compatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao L.*), Tesis Ing. Agr. Babahoyo Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Técnica de Babahoyo.
64. RAMÍREZ, (1988). Estudio de la fermentación del cacao. (*Theobroma cacao L.*) mediante cuatro sistemas de fermentación en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
65. RAMOS, G.; RAMOS, P. Y AZÓCAR, A., (2000). Beneficio del Cacao, In Manual del Productor de cacao, Mérida Venezuela.

66. RINCÓN, S. O. (1999). Manual del Cacaotero. Bogota Colombia.
67. ROMERO, G. (2004). Mercadeo nacional e internacional del cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica. Memorias INAP. Quevedo, Ecuador.
68. RAMOS, G. (2004). La Fermentación, el Secado y Almacenamiento del Cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica. Memorias INAP. Quevedo, Ecuador.
69. RODRÍGUEZ, Y. y A. ROJAS. (2000). Efecto del secado solar sobre algunas características físicas y químicas de almendras sin fermentar y fermentadas de cacao (*Theobroma cacao L.*) criollo y forastero. Maracaibo, Venezuela. [On Line]: (<http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio2007/v24n3ac8a2007.PDF> )
70. ROHAN, T. (1960). El Beneficiado del Cacao. Boletín de trabajo N° Oficial 5, Roma Italia, Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
71. ROHAN, T. (1964), El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia
72. SANTIZO, S. C; ORELLANA, L. D. (1989). Situación del cacao, recursos y necesidades. In memoria Seminario Regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. Turrialba Costa Rica. IICA (Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura).
73. SÁNCHEZ, V. A. (2007). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao L.*), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Quevedo, Ecuador.
74. SALTOS, A. (2005). Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y Volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del "Complejo Nacional x Trinitario". Guayaquil, Ecuador.
75. SALTOS, A; SÁNCHEZ V; ANZULES A. (2006). Beneficio del cacao. In Taller de Entrenamiento en calidad física y organoléptica de cacao .Memorias INAP. Quevedo Ecuador.
76. SAMAH, O. A, N. IBRAHIM, H. ALIMON and M. ABDUL KARIM. (1993). Fermentation studies of stored cocoa beans.

77. SCHWAN, R., LOPEZ A., SILVA D., VANETTI M. (1990). Influencia de frecuencia e intervalos de revolventos sobre a fermentacao e qualidade do chocolate.
78. SEMIGLIA, C. L. (1979). Estudios de varios métodos de fermentación en diversas zonas cacaoteras del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
79. SENANAYAKE, M., E. JANSZ and K. BUCKLE. (1997). Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. Venezuela, [online]: <http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio2007/v24n3ac8a2007.PDF>
80. STEVENSON, C., *et al.*, (1993). Manual para el análisis de cacao en el laboratorio. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. Red regional de generación y transferencia de tecnología en cacao. San José de Costa Rica.
81. TORRES O., GRAZZIANI L., ORTIZ L. Y TRUJILLO A. (2004). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. Maracaybo, Venezuela. [On Line]: (<http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/febrero2005/v42n3ac9a2006.PDF> julio2006)
82. VOLTZ, M. (1990). Glossary of terms for sensory evaluation of cocoa materials, NESTLE Research centre lausaune.
83. WHITNEY, H. (2001). Métodos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.). [On Line] ([http://www.scielo.org.ve/phpS0378&script\\_PDF](http://www.scielo.org.ve/phpS0378&script_PDF) ).
84. WOOD, G. (1982). Cacao, Trad. por Marino, Primera edición en español, Compañía Editorial Continental S.A, D.F, México.

**ANEXOS**

Anexo N°1: Humedad en la masa de cacao al inicio y final del proceso de fermentación

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	%HUMEDAD EN ETAPA DE FERMENTACION		
		INICIO	FINAL	PROMEDIO
T0	R1	56.596	51.552	54.967
	R2	58.641	52.365	
	R3	55.780	54.869	
	PROM T0	57.005	52.929	
T1	R1	56.826	50.506	55.451
	R2	58.882	52.236	
	R3	60.290	53.967	
	PROM T1	58.666	52.237	
T2	R1	57.754	52.739	56.103
	R2	60.733	53.804	
	R3	58.557	53.034	
	PROM T2	59.015	53.192	

Anexo N°2: Temperatura registrada en la masa de cacao durante la fermentación

HORAS FERMENTACION	FECHA	HORA DEL DIA	TEMPERATURA REGISTRADA EN LA MASA DE CACAO ° C											
			T0: MEZCLA				T1: AMARILLOS				T2: ANARANJADO ROJIZOS			
			R1	R2	R3	PROM	R1	R2	R3	PROM	R1	R2	R3	PROM
0	01/07/2011	07:00	25.0	25.5	25.0	25.3	25.5	25.5	25.0	25.3	25.0	25.0	25.0	25.4
		12:00	25.5	26.0	26.0		25.0	26.0	25.0		25.0	25.5	26.0	
		05:00	25.0	25.0	25.0		25.0	26.0	25.0		25.0	26.0	26.0	
		PROM	25.2	25.5	25.3		25.2	25.8	25.0		25.0	25.5	25.7	
24	02/07/2011	07:00	26.0	26.0	26.0	26.4	26.0	25.5	26.0	26.6	26.0	26.0	26.0	26.5
		12:00	26.0	26.0	27.0		27.3	26.5	26.3		26.5	26.0	27.0	
		05:00	26.5	27.0	27.0		27.5	27.0	27.5		27.5	26.5	27.3	
		PROM	26.2	26.3	26.7		26.9	26.3	26.6		26.7	26.2	26.8	
48	03/07/2011	07:00	28.0	28.0	29.0	30.1	29.0	30.0	28.0	31.6	29.0	28.5	28.5	30.7
		12:00	29.0	28.5	30.5		31.0	32.5	31.5		29.5	29.5	29.0	
		05:00	32.5	32.0	33.0		33.5	35.0	33.5		35.5	33.2	34.0	
		PROM	29.8	29.5	30.8		31.2	32.5	31.0		31.3	30.4	30.5	
72	04/07/2011	07:00	39.0	38.0	39.0	42.3	40.0	38.0	41.5	44.1	41.5	40.0	41.0	43.2
		12:00	46.0	44.0	46.0		46.5	46.0	45.0		47.0	45.0	45.0	
		05:00	43.5	43.5	42.0		46.0	47.0	47.0		45.0	44.0	40.0	
		PROM	42.8	41.8	42.3		44.2	43.7	44.5		44.5	43.0	42.0	
96	05/07/2011	07:00	48.5	47.0	47.0	46.1	48.0	49.0	49.0	47.3	47.0	47.0	48.0	46.4
		12:00	46.0	45.0	45.0		47.0	47.5	47.5		46.5	47.0	46.5	
		05:00	46.0	45.0	45.0		46.0	46.0	46.0		45.5	45.0	45.0	
		PROM	46.8	45.7	45.7		47.0	47.5	47.5		46.3	46.3	46.5	
120	06/07/2011	07:00	48.0	48.0	49.5	47.4	48.5	49.0	49.0	47.9	48.0	48.3	49.0	47.4
		12:00	47.0	46.0	48.0		48.0	48.5	48.3		46.0	48.0	47.3	
		05:00	47.0	47.0	46.5		46.0	47.0	46.5		47.0	47.3	46.0	
		PROM	47.3	47.0	48.0		47.5	48.2	47.9		47.0	47.9	47.4	
144	07/07/2011	07:00	48.5	47.5	47.5	47.6	47.1	47.5	48.0	47.6	47.5	47.0	47.0	46.8
		12:00	48.0	47.0	49.0		47.0	48.5	49.0		47.0	48.0	48.0	
		05:00	47.0	46.5	47.0		47.0	47.0	47.5		46.0	46.0	45.0	
		PROM	47.8	47.0	47.8		47.0	47.7	48.2		46.8	47.0	46.7	



Anexo N°3: Contenido de sólidos solubles de la pulpa fresca de cacao

<b>CONTENIDO DE SOLIDOS SOLUBLES</b>		
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>REPETICION</b>	<b>% SS</b>
<b>T1</b>	<b>A1</b>	18.4
	<b>A2</b>	17,9
	<b>A3</b>	18.0
	<b>PROM</b>	18,1
<b>T2</b>	<b>AR1</b>	17.8
	<b>AR2</b>	17.8
	<b>AR3</b>	17.5
	<b>PROM</b>	17.7
<b>T0</b>	<b>M1</b>	17.3
	<b>M2</b>	17.2
	<b>M3</b>	17.0
	<b>PROM</b>	17.2

Anexo N°4: Evaluación del pH en el proceso de fermentación y secado.

TRATAMIENTO	REPETICIONES	EVOLUCION DEL Ph													
		HORAS DE FERMENTACION							HORAS DE SECADO						
		0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312
T1	A1	5.42	4.61	5.30	4.72	4.50	4.65	4.74	4.70	5.35	5.38	5.27	5.69	5.38	5.64
	A2	5.50	4.60	5.28	4.48	4.35	4.55	4.78	4.83	5.00	5.14	5.32	5.47	5.64	5.56
	A3	5.37	4.69	5.25	4.75	4.41	4.53	4.83	5.00	5.24	5.00	5.24	5.26	5.12	5.14
	PROM	5.43	4.63	5.28	4.65	4.42	4.58	4.78	4.84	5.20	5.17	5.28	5.47	5.38	5.45
T2	AR1	5.30	4.41	5.19	4.83	4.57	4.52	4.71	5.08	5.25	5.53	5.51	5.97	5.69	5.81
	AR2	5.24	4.42	4.87	5.00	4.64	4.58	4.71	4.83	5.18	5.38	5.27	5.79	5.69	5.52
	AR3	5.11	4.68	5.22	4.98	4.56	4.47	4.65	4.78	5.15	5.16	5.40	5.39	5.55	5.54
	PROM	5.22	4.50	5.09	4.94	4.59	4.52	4.69	4.90	5.19	5.36	5.39	5.72	5.64	5.62
T0	M1	5.22	4.68	5.20	4.78	4.55	4.48	4.82	5.30	5.23	5.43	5.52	5.85	5.48	5.76
	M2	5.12	4.70	5.24	4.80	4.47	4.55	4.71	5.09	5.16	5.21	5.67	5.77	5.46	5.87
	M3	5.15	4.67	5.16	5.04	4.57	4.50	4.78	5.16	5.28	5.23	5.35	5.47	5.51	5.43
	PROM	5.16	4.68	5.20	4.87	4.53	4.51	4.77	5.18	5.22	5.29	5.51	5.70	5.48	5.69

Anexo N°5: Evaluación de la acidez titulable en el proceso de fermentación y secado

TRATAMIENTO	REPETICIONES	ACIDEZ TITULABLE													
		HORAS FERMENTACION							HORAS DE SECADO						
		0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	264	288	312
T1	A1	0.24	0.36	0.18	0.66	1.39	1.03	0.66	0.66	0.54	0.48	0.42	0.42	0.36	0.36
	A2	0.24	0.36	0.24	0.66	1.39	1.09	0.60	0.60	0.54	0.54	0.48	0.48	0.42	0.42
	A3	0.24	0.30	0.24	0.72	1.39	1.09	0.54	0.60	0.48	0.48	0.48	0.42	0.42	0.36
	PROM	<b>0.24</b>	<b>0.34</b>	<b>0.22</b>	<b>0.68</b>	<b>1.39</b>	<b>1.07</b>	<b>0.60</b>	<b>0.62</b>	<b>0.52</b>	<b>0.50</b>	<b>0.46</b>	<b>0.44</b>	<b>0.40</b>	<b>0.38</b>
T2	AR1	0.24	0.36	0.24	0.42	1.27	1.09	0.66	0.54	0.48	0.42	0.54	0.36	0.36	0.36
	AR2	0.24	0.42	0.30	0.54	1.33	1.09	0.66	0.60	0.60	0.54	0.54	0.36	0.42	0.36
	AR3	0.24	0.42	0.24	0.54	1.27	1.21	0.66	0.60	0.60	0.42	0.48	0.30	0.42	0.30
	PROM	<b>0.24</b>	<b>0.40</b>	<b>0.26</b>	<b>0.50</b>	<b>1.29</b>	<b>1.13</b>	<b>0.66</b>	<b>0.58</b>	<b>0.56</b>	<b>0.46</b>	<b>0.52</b>	<b>0.34</b>	<b>0.40</b>	<b>0.34</b>
T0	M1	0.30	0.30	0.24	0.54	1.21	1.21	0.66	0.54	0.48	0.48	0.48	0.36	0.36	0.30
	M2	0.30	0.36	0.24	0.42	1.27	1.09	0.66	0.54	0.42	0.42	0.42	0.36	0.42	0.36
	M3	0.24	0.36	0.18	0.54	1.15	1.27	0.60	0.54	0.42	0.42	0.42	0.36	0.36	0.36
	PROM	<b>0.28</b>	<b>0.34</b>	<b>0.22</b>	<b>0.50</b>	<b>1.21</b>	<b>1.19</b>	<b>0.64</b>	<b>0.54</b>	<b>0.44</b>	<b>0.44</b>	<b>0.44</b>	<b>0.36</b>	<b>0.38</b>	<b>0.34</b>

Anexo N°6: Registro de humedad de los granos en el proceso de secado

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	HORAS DE SECADO							
		0	24	48	72	96	120	144	168
T0	M1	51.55	44.82	37.20	27.20	19.92	14.78	9.01	6.65
	M2	52.36	41.81	32.01	24.15	17.33	12.76	7.86	6.50
	M3	54.87	39.75	32.59	24.32	17.50	12.87	8.31	6.77
	PROM (M)	52.93	42.13	33.93	25.22	18.25	13.47	8.39	6.64
T1	A1	50.51	39.30	32.38	24.89	14.20	11.40	8.12	6.21
	A2	52.24	39.85	30.78	24.47	14.74	11.70	7.33	6.28
	A3	53.97	38.59	27.43	18.45	13.84	10.00	7.95	6.26
	PROM (A)	52.24	39.25	30.20	22.60	14.26	11.03	7.80	6.25
T2	AR1	52.74	41.06	31.77	25.74	16.67	10.36	7.98	6.43
	AR2	53.80	39.74	35.44	24.77	16.79	12.62	6.93	6.31
	AR3	53.03	43.03	33.36	25.66	18.71	13.40	10.12	6.99
	PROM (AR)	53.19	41.27	33.52	25.39	17.39	12.13	8.34	6.58

Anexo N° 7: Rendimiento del cacao fermentado y seco.

<b>RENDIMIENTO DEL GRANO DE CACAO</b>				
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>GRANOS DE CACAO EN BABA (Kg.)</b>	<b>GRANOS DE CACAO SECO (Kg.)</b>	<b>RENDIMIENTO (%)</b>
<b>T0</b>	R1	50	15.6	31.1
	R2	50	15.6	31.1
	R3	50	15.9	31.7
	<b>PROMEDIO</b>	<b>50.0</b>	<b>15.7</b>	<b>31.3</b>
<b>T1</b>	R1	50	15.9	31.9
	R2	50	15.9	31.7
	R3	50	15.2	30.3
	<b>PROMEDIO</b>	<b>50</b>	<b>15.7</b>	<b>31.3</b>
<b>T2</b>	R1	50	16.0	31.9
	R2	50	16.8	33.5
	R3	50	16.1	32.3
	<b>PROMEDIO</b>	<b>50.0</b>	<b>16.3</b>	<b>32.6</b>

Anexo N° 8: Análisis físico de los granos de cacao.

I. ETAPA	FRUTOS AMARILLO			FRUTOS ANARANJADO ROJIZO			FRUTOS AMARILLO Y ANARANJADO ROJIZO		
	A1	A2	A3	AR1	AR2	AR3	M1	M2	M3
Humedad.	6.21	6.28	6.26	6.02	6.31	6.99	6.25	6.5	6.02
tamaño ( peso en 100granos)	124.43	113.77	118.73	135.93	129.03	131.31	123.37	123.11	128.03
Rendimiento.	31.6	31.4	30	31.6	33.2	32	30.8	30.8	31.4
<b>II. ETAPA</b>									
DEFECTOS FISICOS.	FRUTOS AMARILLO			FRUTOS ANARANJADO ROJIZO			FRUTOS AMARILLO Y ANARANJADO ROJIZO		
Grano Germinado	0	0	0	0	0	1	0	2	0
Grano Plano	2	1	2	2	2	1	0	0	1
Grano Partido	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grano Múltiple	0	1	0	1	1	0	1	0	1
Grano Mohoso	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Granos atacado por insecto.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DE DEFECTOS.	2	2	2	3	3	2	2	2	2
<b>GRADO DE FERMENTACION - METODO DE CORTE</b>	FRUTOS AMARILLO			FRUTOS ANARANJADO ROJIZO			FRUTOS AMARILLO Y ANARANJADO ROJIZO		
Grano Pizarroso	2	2	3	2	2	3	4	3	4
Grano Violeta	4	5	5	7	7	8	6	5	7
Grano Parcialmente Violeta	9	10	8.5	10	11	10	11	11	7.5
% FERMENTACION	83	81	81.5	78	77	77	77	79	79.5
<b>GRADO DE FERMENTACION - METODO DE FLOTAMIENTO</b>									
Granos que flotan	8	9	9	7	8	8	8	7	7
Granos que no flotan	2	1	1	3	2	2	2	3	3
% FERMENTACION	80%	90%	90%	70%	80%	80%	80%	70%	70%
<b>III. ETAPA</b>									
PROPIEDADES FISICAS DEL GRANO	FRUTOS AMARILLO			FRUTOS ANARANJADO ROJIZO			FRUTOS AMARILLO Y ANARANJADO ROJIZO		
% Cascarilla	13.75	15.23	14.19	15.58	15.97	15.13	15.38	15.19	15.89
% de Almendra	86.88	84.77	85.81	85.06	84.03	84.87	83.97	84.18	84.11

Anexo N°9: Cuadro comparativo de la calidad física de los tratamientos en estudio y la calidad física requerida en el mercado.

CUADRO COMPARATIVO DE LA CALIDAD FISICA DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO Y LA CALIDAD FISICA REQUERIDA EN EL MERCADO											
Requisitos	Unid.	CLASIFICACION							TRATAMIENTOS		
		ASSPS	ASSS	ASS	ASNS	ASN	ASES	ASE	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Peso de 100 almendras	gr.	135 - 140	130 -135	120 -115	120 - 125	110 - 115	120 - 125	105 - 110	124.78	118.98	132.09
Buena fermentación	%	75	65	60	50	42	35	20	68.6	67.6	67
Media fermentación	%	10	10	5	10	10	15	15	9.83	9.17	10.33
Tota de fermentación	%	85	75	65	60	52	50	35	78.5	81.83	77.33
Violetas máximo	%	10	15	20	25	25	30	25	6	5	7
Pizarra	%	5	9	12	13	18	18	30	4	2	2
Defectos por insectos- roedores	%	0	1	3	2	5	2	10	0	0	0

Anexo N°10: Análisis estadístico de la temperatura de fermentación.

ANALISIS ESTADISTICO DE LA TEMPERATURA DE FERMENTACION					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (°C)	Test DUNCAN 0.05
0	0.55	1.1	T0	25.33	A
			T2	25.33	A
			T1	25.39	A
24	0.58	0.95	T0	26.39	A
			T2	26.53	A
			T1	26.62	A
48	0.54	2.74	T0	30.06	A
			T2	30.74	A
			T1	31.56	A
72	0.75	1.72	T0	42.33	A
			T2	43.17	AB
			T1	44.11	B
96	0.73	1.08	T0	46.06	A
			T2	46.39	AB
			T1	47.33	B
120	0.54	0.87	T0	47.43	A
			T2	47.44	A
			T1	47.87	A
144	0.59	1.03	T2	46.83	A
			T0	47.56	A
			T1	47.62	A



Anexo N°11: análisis estadístico de la humedad en la etapa de fermentación.

ANALISIS ESTADISTICO DE LA HUMEDAD EN LA ETAPA DE FERMENTACION					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (%)	Test DUNCAN 0.05
inicial	0.69	2.24	T0	57.01	A
			T1	58.63	A
			T2	59.01	A
final	0.7	1.95	T1	52.24	A
			T0	52.93	A
			T2	53.96	A

Anexo N°12: Análisis estadístico de la pulpa fresca de cacao

ANALISIS ESTADISTICO DE LA CONCENTRACION DE SS INICIAL EN LA PULPA FRESCA DE CACAO					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (%SS)	Test DUNCAN 0.05
0	0.95	0.79	T0	17.17	A
			T2	17.70	B
			T1	18.10	C

Anexo N°13: análisis estadístico de pH en el proceso de fermentación

ANALISIS ESTADISTICO DEL pH EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (pH)	Test DUNCAN 0.05
0	0.9	1.18	T0	5.16	A
			T2	5.22	A
			T1	5.43	B
24	0.73	1.81	T2	4.50	A
			T1	4.63	A
			T0	4.68	A
48	0.52	2.42	T2	5.09	A
			T0	5.20	A
			T1	5.28	A
72	0.77	2.42	T1	4.65	A
			T0	4.87	AB
			T2	4.94	B
96	0.75	1.42	T1	4.42	A
			T0	4.53	AB
			T2	4.59	B
120	0.56	1.14	T0	4.51	A
			T2	4.52	A
			T1	4.58	A
144	0.58	1.14	T2	4.69	A
			T0	4.77	A
			T1	4.78	A

Anexo N°14: análisis estadístico de la acidez titulable en el proceso de fermentación

ANALISIS ESTADISTICO DE ACIDEZ EN EL PROCESO DE FERMENTACION					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTOS	MEDIAS (%Acidez)	Test DUNCAN 0.05
0	0.71	7.89	T2	0.24	A
			T1	0.24	A
			T0	0.28	A
24	0.67	9.62	T1	0.34	A
			T0	0.34	A
			T2	0.40	A
48	0.62	13.55	T1	0.22	A
			T0	0.22	A
			T2	0.26	A
72	0.83	10.65	T0	0.50	A
			T2	0.50	A
			T1	0.68	B
96	0.93	2.46	T0	1.21	A
			T2	1.23	B
			T1	1.39	C
120	0.76	4.9	T1	1.07	A
			T2	1.13	A
			T0	1.19	A
144	0.74	5	T1	0.60	A
			T0	0.64	A
			T2	0.66	A

Anexo N°15: Análisis estadístico de la humedad en el proceso de secado.

ANALISIS ESTADISTICO DE LA HUMEDAD EN LA ETAPA DEL SECADO					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (%)	Test DUNCAN 0.05
0	0.7	1.95	T1	52.25	A
			T0	52.93	A
			T2	53.19	A
24	0.5	4.9	T1	39.25	A
			T2	41.28	A
			T0	42.13	A
48	0.59	7.67	T1	30.20	A
			T2	33.52	A
			T0	33.93	A
72	0.62	8.61	T1	22.60	A
			T0	25.22	A
			T2	25.39	A
96	0.8	7.72	T1	14.26	A
			T2	17.39	B
			T0	18.25	B
120	0.5	12.31	T1	11.02	A
			T2	12.13	A
			T0	13.47	A
144	0.55	10.79	T1	7.80	A
			T2	8.34	A
			T0	8.39	A
168	0.75	2.91	T1	6.25	A
			T2	6.58	A
			T0	6.64	A

Anexo N° 16: Análisis estadístico del rendimiento del cacao fermentado y seco.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL RENDIMIENTO DE CACAO					
	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (%)	Test DUNCAN 0.05
RENDIMIENTO (%)	0.62	2.23	T1	31.30	A
			T0	31.30	A
			T2	32.57	A

Anexo N°17: Análisis estadístico del pH en el proceso de secado.

ANALISIS ESTADISTICO DEL pH EN EL PROCESO DE SECADO					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS (pH)	Test DUNCAN 0.05
0	0.68	3.2	T1	4.84	A
			T2	4.90	A
			T0	5.18	A
24	0.55	1.8	T2	5.19	A
			T1	5.20	A
			T0	5.22	A
48	0.92	1.28	T1	5.17	A
			T0	5.29	AB
			T2	5.36	B
72	0.62	2.35	T1	5.28	A
			T2	5.39	A
			T0	5.51	A
96	0.96	1.15	T1	5.47	A
			T0	5.70	B
			T2	5.72	B
120	0.66	2.67	T1	5.38	A
			T0	5.48	A
			T2	5.64	A
144	0.79	2.55	T1	5.45	A
			T2	5.62	A
			T0	5.69	A

Anexo N°18: Análisis estadístico de la acidez titulable en el proceso de secado

ANALISIS ESTADISTICO DE ACIDEZ EN EL PROCESO DE SECADO					
HORAS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTOS	MEDIAS (%Acidez)	Test DUNCAN 0.05
0	0.67	5.97	T0	0.54	A
			T2	0.58	A
			T1	0.62	A
24	0.63	11.51	T0	0.44	A
			T1	0.52	A
			T2	0.56	A
48	0.56	10.05	T0	0.44	A
			T2	0.46	A
			T1	0.50	A
72	0.64	8.25	T0	0.44	A
			T1	0.46	A
			T2	0.56	A
96	0.89	6.45	T2	0.34	A
			T0	0.36	A
			T1	0.44	B
120	0.8	5.08	T0	0.38	A
			T2	0.40	A
			T1	0.40	A
144	0.62	8.95	T0	0.34	A
			T2	0.34	A
			T1	0.38	A

Anexo N°19: Análisis estadístico del análisis de fermentación de los granos.

ANALISIS ESTADISTICO DEL ANALISIS DE FERMENTACION					
GRANOS	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS	Test DUNCAN 0.05
PIZARROSO	0.92	12	T2	2.33	A
			T1	2.33	A
			T0	3.67	B
VIOLETAS	0.9	9.62	T1	4.67	A
			T0	6.00	A
			T2	7.33	A
PAR. FERM	0.69	9.94	T1	9.17	A
			T0	9.83	A
			T2	10.33	A
DEFECTUOSOS	0.71	15	T1	2.00	A
			T0	2.00	A
			T2	2.67	A
FERMENTADOS	0.84	1.56	T2	77.33	A
			T0	78.50	A
			T1	81.83	B

Anexo N°20: Análisis estadístico de las características físicas químicas del grano fermentado y seco.

ANALISIS ESTADISTICO DE LAS CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DEL GRANO FERMENTADO Y SECO					
	R <sup>2</sup>	CV	TRATAMIENTO	MEDIAS	Test DUNCAN 0.05
Humedad (%)	0.54	1.6	T1	6.25	A
			T0	6.35	A
			T2	6.37	A
Peso de 100 granos (gr.)	0.89	2.55	T1	118.98	A
			T0	124.78	A
			T2	132.09	B
Cascarilla (%)	0.71	3.73	T1	14.39	A
			T0	15.49	A
			T2	15.56	A
Fermentación (%)	0.78	1.68	T2	80.00	A
			T0	80.50	A
			T1	83.33	B
pH	0.81	0.95	T2	5.46	A
			T0	5.53	AB
			T1	5.63	B
Acidez (%)	0.8	6	T1	0.32	A
			T0	0.32	A
			T2	0.36	A



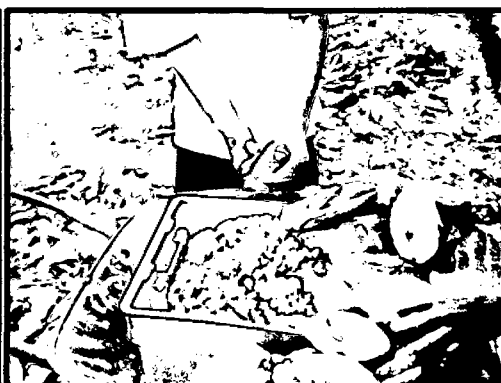
Anexo N° 21: Balance de materia del beneficio del cacao

TRATAMIENTO	CACAO FERMENTADO (Kg)	SECADO: Agua Evaporada (kg)	TOSTADO Y DESCASCARILLADO	
			Cascarilla (kg)	Grano de cacao (kg)
T0	50	34,3	2,43	13,27
T1	50	34,3	2,26	13,44
T2	50	33,7	2,54	13,76

Anexo N° 22: Imágenes del beneficio del cacao



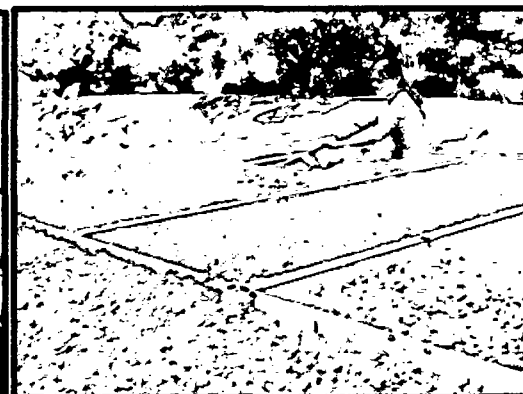
Selección de frutos de cacao



Quiembra de frutos



Remoción de la masa de cacao en el proceso de fermentación



Secado natural de los granos de cacao