



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCIDENCIA DEL MÉTODO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE  
LAS ALMENDRAS Y LICOR DE THEOBROMA CACAO L., TIPO  
NACIONAL

ROMERO LÓPEZ JULIO ANDRES

MACHALA  
2016



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

INCIDENCIA DEL MÉTODO DE FERMENTACIÓN EN LA  
CALIDAD DE LAS ALMENDRAS Y LICOR DE THEOBROMA  
CACAO L., TIPO NACIONAL

ROMERO LÓPEZ JULIO ANDRES

MACHALA  
2016



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

INCIDENCIA DEL MÉTODO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE LAS  
ALMENDRAS Y LICOR DE THEOBROMA CACAO L., TIPO NACIONAL

ROMERO LÓPEZ JULIO ANDRES  
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

Machala, 19 de octubre de 2016

MACHALA  
2016

**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO, QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO, JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON y CASTILLO HERRERA SARA ENID, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado INCIDENCIA DEL MÉTODO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS Y LICOR DE THEOBROMA CACAO L., TIPO NACIONAL, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



---

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

0703870030

TUTOR

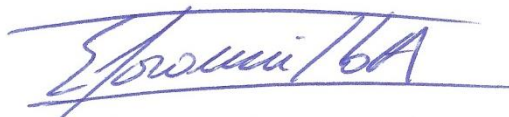


---

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

0703870030

ESPECIALISTA 1



---

JARAMILLO AGUILAR EDWIN EDISON

0703178913

ESPECIALISTA 2



---

CASTILLO HERRERA SARA ENID

1101630380

ESPECIALISTA 3



---

RENTERIA MINUCHE JORGE PATRICIO

0701093452

ESPECIALISTA SUPLENTE

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** Julio Romero López ULT.docx (D21686609)  
**Submitted:** 2016-09-09 22:26:00  
**Submitted By:** jquevedo@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ROMERO LÓPEZ JULIO ANDRES, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado INCIDENCIA DEL MÉTODO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS Y LICOR DE THEOBROMA CACAO L., TIPO NACIONAL, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que él asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 19 de octubre de 2016



ROMERO LÓPEZ JULIO ANDRES  
0705352631

## **DEDICATORIA**

*A mi padre Rodrigo y a mi madre Fanny,  
por sus sabios consejos, valores, motivaciones  
e incondicional apoyo que siempre me  
brindaron, tanto en mi diario vivir  
como en mi formación profesional.*

*A mis hermanos, Sergio y Santiago,  
por haber compartido conmigo  
gratos momentos y su apoyo absoluto.*

*El autor*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por mantenerme con salud y vida,  
al Ing. José Quevedo, por su dirección y enseñanzas  
que me brindó durante el trabajo realizado,  
así como también al Ing. Edwin Jaramillo  
quien me colaboró en varias ocasiones en el  
procedimiento del proyecto.*

*El autor*



## RESUMEN

### INCIDENCIA DEL MÉTODO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DE LAS ALMENDRAS Y LICOR DE THEOBROMA CACAO L., TIPO NACIONAL

**Autor:**

Julio Romero López

**Tutor:**

José Quevedo Guerrero

El cacao (*Theobroma cacao* L.), representa uno de los rubros más importantes en la economía ecuatoriana, generando ingresos y empleo a muchas familias de diferentes provincias. Por sus características geográficas y su abundante riqueza biológica, Ecuador es el productor por excelencia de cacao fino de aroma tipo Nacional, cuyo sabor ha sido reconocido en el mercado internacional. Pero debido al deficiente manejo postcosecha, estos atributos han sido perjudicados. La investigación se realizó en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala con cacao tipo Nacional, procedente del sitio El Triunfo, de la parroquia Progreso. El objetivo principal fue optimizar la calidad de fermentación de las almendras y licor de cacao, mediante la implementación del método de rotor de madera. Se cosecharon mazorcas sanas y maduras, el mismo día se procedió a realizar la quiebra con un mazo de madera y fueron desgranadas manualmente para luego pasar al proceso fermentativo por un lapso de 3 días, con una frecuencia de remoción cada 24 horas. Los fermentadores fueron llenados con 10 kg de almendras de cacao fresco. Para el secado las almendras fueron colocadas por 7 días en marquesinas de mallas plásticas, bajo cubierta y expuestas a las corrientes de aire natural, hasta alcanzar entre el 7 y 8 % de humedad. Se evaluaron cinco tratamientos: saco de yute (T1), rotor de madera (T2), montón (T3), caja de madera (T4) y balde plástico (T5). Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se analizaron en el programa SPSS versión 23, mediante ANOVA de una vía y la prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidad. Se midió la temperatura a las 24, 48 y 72 horas de iniciado el proceso de fermentación, el pH de la testa y del cotiledón, al inicio y final de la fermentación, y después del secado. Las pruebas físicas de calidad tales como: índice de grano, porcentaje de testa y porcentaje de fermentación (prueba de corte), se realizaron en el Laboratorio de Genética de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. Mientras que los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Cacao y Café de la Estación Experimental Pichilingue – INIAP, por experimentados catadores. Los resultados indicaron diferencias significativas en cada parámetro analizado. El

mayor porcentaje de fermentación total se obtuvo en el rotor de madera (T2) con un 96,00 %, demostrándose un incremento del 22,67 % con respecto al método menos eficiente (balde plástico), debido a que su sistema de rotación permite conseguir la mezcla homogénea de la masa, con un simple movimiento de palanca, de esta manera se facilitan los volteos de las almendras y no se pierde temperatura por tener que sacar la masa en fermentación. El menor porcentaje lo obtuvo el balde plástico (T5) con un 73,33 %, debido a las condiciones inapropiadas para el drenaje de líquidos y la remoción de la masa, generando una fermentación incompleta. El mejor perfil sensorial lo presentó el rotor de madera (T2), con calificaciones altas en los sabores específicos (cacao, floral, frutal, nuez y caramelo) y calificaciones bajas en el sabor astringente y amargo, mientras que los demás tratamientos presentaron un perfil sensorial similar, mostrándose afectadas por la presencia pronunciada del sabor amargo y astringente. Se recomienda implementar el método de rotor de madera, para obtener los más altos porcentajes de calidad de las almendras de cacao.

**Palabras claves:** fermentación, rotor de madera, secado, porcentaje de fermentación, perfil sensorial.

## ABSTRACT

### INCIDENCE OF THE METHOD OF FERMENTATION IN THE QUALITY OF THE ALMONDS AND LIQUOR OF THEOBROMA CACAO L., NATIONAL TYPE

**Author:**

Julio Romero López

**Tutor:**

José Quevedo Guerrero

The cocoa (*Theobroma cacao* L.), represents one of them products more important in the economy Ecuadorian, generating income and employment to many families of different provinces. For their Geographical characteristics and its abundant biological richness, Ecuador is the producer par excellence of fine aroma cacao type National, whose taste has been recognized in the international market. But due to poor post-harvest handling, these attributes have been harmed. The research was conducted in the farm Santa Ines of the University technical of Machala with cocoa type national, from of the site the Triumph, of the parish Progress. The main objective was to optimize the quality of fermentation of almonds and cocoa liquor, through the implementation of the method of rotor wood. Is harvested ears healthy and mature, the same day is proceeded to make the bankruptcy with a mallet of wood and were shelled manually to then pass to the process fermentation by a period of 3 days, with a frequency of removal each 24 hours. The fermenters were filled with 10 kg of fresh cocoa almonds. For drying almonds were placed for 7 days in shelters of plastic mesh, under cover and exposed to currents of natural air, up to 7 - 8 % moisture. Five treatments were evaluated: jute sack (T1), wooden rotor (T2), lot (T3), wooden box (T4) and plastic bucket (T5). It used a design fully to the random with three repetitions. The data were analyzed in SPSS version 23 program, using ANOVA of a via and the test of Tukey at 0.05% of probability. It was measured the temperature at 24, 48 and 72 hours of started the fermentation process, the pH of the testa and cotyledon, at the beginning and ending of fermentation, and after the drying. The physical evidence of quality such as: grain index, percentage of testa and percentage of fermenting (cutting test), were carried out in the laboratory of Genetics at the Unit Academic of Agricultural Sciences. While sensory analyzes were performed at the Laboratory Quality Cocoa and Coffee of the Pichilingue Experimental Station – INIAP, by experienced tasters. The results indicated significant differences in each parameter analyzed. The highest percentage of total fermentation was obtained in the wooden rotor (T2) with 96.00%, showing an increase of 22.67% with respect to the less efficient method (plastic

bucket), since its rotation system allows to obtain homogeneous mixing of the mass, with a simple movement of lever, thus provided the Volt of almonds and temperature by having to take out the mass in fermentation is not lost. The lowest percentage was obtained by the plastic bucket (T5) with a 73,33 % due to conditions unsuitable for drainage of liquids and removal of the mass, generating an incomplete fermentation. He best profile sensory it presented the wooden rotor (T2), with ratings high in them flavors specific (cocoa, floral, fruity, walnut and candy) and ratings low in the taste astringent and bitter, while them others treatments presented a profile sensory similar, showing is affected by the presence pronunciation of the taste bitter and astringent. It is recommended to implement the wooden rotor method, to obtain the highest percentages of quality of cocoa almonds.

**Key words:** fermentation, wooden rotor, drying, percentage of fermentation, sensory characteristics.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Tema	Páginas
RESUMEN.....	viii
1 INTRODUCCIÓN.....	17
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	19
2.1 Botánica.....	19
2.2 Cacao Nacional de Ecuador.....	19
2.3 Beneficio del cacao.....	19
2.4 Cosecha de cacao.....	19
2.5 Quiebra y desgrane.....	20
2.6 Fermentación.....	20
2.7 Métodos de fermentación.....	21
2.7.1 Cajones de madera a un nivel.....	22
2.7.2 Cajones de madera tipo escaleras.....	22
2.7.3 Fermentación en montón.....	22
2.7.4 Fermentación en sacos.....	22
2.7.5 Micro fermentaciones.....	23
2.7.6 Fermentador Rohan.....	23
2.7.7 Tambores giratorios.....	23
2.8 Temperatura en el proceso de fermentación.....	23
2.9 pH en el proceso de fermentación.....	25
2.10 Remoción de la masa.....	25
2.11 Recomendaciones para una buena fermentación.....	26
2.12 Secado.....	27
2.13 Métodos de secado.....	28
2.13.1 Secado natural (al sol).....	28
2.13.2 Secado artificial (estufas).....	28
2.14 Limpieza y selección.....	29
2.15 Almacenamiento.....	29
2.16 Calidad física del grano.....	29
2.16.1 Índice de grano.....	30
2.16.2 Porcentaje de testa.....	30
2.16.3 Porcentaje de fermentación.....	30
2.16.4 Almendras violetas.....	30

2.16.5	Almendras pizarras .....	31
2.17	Calidad organoléptica .....	31
2.17.1	Sabores básicos .....	31
2.17.2	Sabores específicos .....	32
2.17.3	Sabores adquiridos .....	33
2.18	Normas para controlar la calidad del cacao .....	34
3	MATERIALES Y MÉTODOS .....	35
3.1	MATERIALES .....	35
3.1.1	Localización del ensayo .....	35
3.1.2	Ubicación geográfica .....	35
3.1.3	Clima y ecología .....	35
3.1.4	Materiales .....	35
3.1.5	Factor evaluado .....	36
3.1.6	Variables analizadas .....	36
3.1.7	Medición de las variables .....	36
3.1.8	Tratamientos .....	39
3.2	METODOLOGÍA .....	40
3.2.1	Diseño experimental .....	40
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
4.1	Temperatura .....	43
4.2	pH de testa .....	46
4.3	pH del cotiledón .....	49
4.4	Índice de grano .....	52
4.5	Porcentaje de testa .....	54
4.6	Porcentaje de fermentación (prueba de corte) .....	56
4.6.1	Fermentación buena, media y total .....	56
4.6.2	Almendras violetas .....	60
4.6.3	Almendras pizarras .....	62
4.7	Calidad del licor de cacao (catadores) .....	64
4.8	Análisis económico .....	67
5	CONCLUSIONES .....	69
6	RECOMENDACIONES .....	70
7	BIBLIOGRAFÍA .....	71
8	ANEXOS .....	75

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

		<b>Páginas</b>
Gráfico 1	Variación de la temperatura, durante el proceso de fermentación en los diferentes métodos	46
Gráfico 2	Variación del pH de la testa, durante el proceso de fermentación y al final del secado, en cada uno de los tratamientos	49
Gráfico 3	Variación de pH del cotiledón, durante el proceso de fermentación y al final del secado, en cada uno de los tratamientos	52
Gráfico 4	Variación del índice de grano, obtenido en cada uno de los tratamientos	54
Gráfico 5	Variación del porcentaje de testa, obtenido en cada uno de los tratamientos	56
Gráfico 6	Variación del porcentaje de fermentación total, obtenido en cada uno de los tratamientos	59
Gráfico 7	Variación del porcentaje de almendras violetas, obtenido en cada uno de los tratamientos	61
Gráfico 8	Variación del porcentaje de almendras pizarras, obtenido en cada uno de los tratamientos	63
Gráfico 9	Variación de las calificaciones obtenidas en los sabores específicos, en cada uno de los tratamientos	65
Gráfico 10	Variación de las calificaciones obtenidas en los sabores básicos, en cada uno de los tratamientos	67

## ÍNDICE DE CUADROS

		<b>Páginas</b>
Cuadro 1	Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado	34
Cuadro 2	Métodos de fermentación a utilizar en la obtención de almendras y licor de cacao de alta calidad, en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala	39
Cuadro 3	Esquema del análisis de varianza de una vía realizado en la investigación	42
Cuadro 4	ANOVA de una vía, realizado para determinar la significancia de la temperatura tomada a las 24, 48 y 72 horas, en los diferentes tratamientos	43
Cuadro 5	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias de la temperatura tomada a las 24 horas, en los diferentes tratamientos	43
Cuadro 6	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias de la temperatura tomada a las 48 horas, en los diferentes tratamientos	44
Cuadro 7	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias de la temperatura tomada a las 72 horas, en los diferentes tratamientos	44
Cuadro 8	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del pH de testa, en los diferentes tratamientos.	46
Cuadro 9	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH de testa tomado al inicio de la fermentación, en cada uno de los tratamientos	47
Cuadro 10	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH de testa tomado al final de la fermentación, en cada uno de los tratamientos	47
Cuadro 11	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH de testa tomado después del secado, en cada uno de los tratamientos	48
Cuadro 12	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del pH del cotiledón, en cada uno de los tratamientos	49
Cuadro 13	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH del cotiledón tomado al inicio de la fermentación, en cada uno de los tratamientos	50
Cuadro 14	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH del cotiledón tomado al final de la fermentación, en cada uno de los tratamientos	50



Cuadro 15	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH del cotiledón tomado después del secado, en cada uno de los tratamientos	51
Cuadro 16	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del índice de grano, en los diferentes tratamientos	53
Cuadro 17	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del índice de grano, de cada uno de los tratamientos	53
Cuadro 18	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de testa, en los diferentes tratamientos	54
Cuadro 19	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de testa, de cada uno de los tratamientos	55
Cuadro 20	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de fermentación buena, media y total, en los diferentes tratamientos	56
Cuadro 21	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de fermentación buena, de cada uno de los tratamientos	57
Cuadro 22	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de fermentación ligera, de cada uno de los tratamientos	57
Cuadro 23	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje total de fermentación, de cada uno de los tratamientos	58
Cuadro 24	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de almendras violetas, en los diferentes tratamientos	60
Cuadro 25	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de almendras violetas, de cada uno de los tratamientos	60
Cuadro 26	ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de almendras pizarras, en los diferentes tratamientos	62
Cuadro 27	Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de almendras pizarras, de cada uno de los tratamientos	62
Cuadro 28	Comparación de costo y beneficio del método rotor de madera, con los demás métodos usados tradicionalmente por el agricultor	68

## 1 INTRODUCCIÓN

Ecuador por sus características geográficas y su abundante riqueza biológica, es el productor por excelencia de cacao fino de aroma tipo Nacional, cuyo aroma y sabor ha sido reconocido en el mercado internacional.

La producción de cacao ha originado ingresos y empleo a muchas familias agricultoras, especialmente en la zona de Los Ríos, Manabí, Guayas y El Oro, que ha permitido generar diversos beneficios; asimismo, ha fomentado establecer enormes plantaciones y desarrollar la economía ecuatoriana (Vera *et al.*, 2014).

La gran mayoría de productores de cacao realizan el proceso de fermentación en montones, sacos de yute, baldes plásticos y cajas de madera y el empleo de un determinado método depende, relativamente, de la experiencia del productor, normalmente es ejecutado con mucha variación (Contreras *et al.*, 2004). El presente trabajo consiste en probar que a través del método de fermentación rotor de madera incrementaremos la calidad de las almendras y licor de cacao, lo cual lo verificaremos mediante el análisis físico y sensorial.

El cacao producido en el país posee una calidad única a nivel mundial y esto se debe a las características organolépticas que presenta, pero en las últimas décadas estas características han sido perjudicadas debido al deficiente manejo postcosecha (Rivera *et al.*, 2012), lo que ha evitado certificar un producto con una calidad establecida, y esto ha influido perjudicialmente en el precio y prestigio del cacao (Contreras *et al.*, 2004). Al encontrarse escasa investigación sobre el tema y desconocimiento de las normas INEN 176, los agricultores no tienen definido el correcto procedimiento para realizar una eficiente fermentación.

La importancia del proyecto radica en ofrecer a los productores de cacao un sistema de fermentación diferente a los tradicionales, que les permita obtener la mejor calidad de las almendras y licor de cacao, partiendo desde una adecuada cosecha que implica selección de frutos completamente sanos y con el mayor grado de madurez organoléptica, con el fin de recuperar el prestigio y alcanzar los mejores precios del mercado.

En base a lo expuesto, se planteó el siguiente objetivo general:

- Optimizar la calidad de fermentación de las almendras y licor de cacao, mediante la implementación del método rotor de madera.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Demostrar la eficiencia del método rotor de madera, en la obtención del porcentaje más alto en la calidad de las almendras fermentadas y del licor obtenido, comparado con los demás métodos usados tradicionalmente por el agricultor.
- Superar el máximo porcentaje de fermentación, establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 176 para Cacao en grano – Requisitos.
- Comparar costos y beneficios del método rotor de madera, con los demás métodos usados tradicionalmente por el agricultor.

## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Botánica

El cacao pertenece al género *Theobroma* y a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioidae. Crece en el bosque tropical lluvioso y la superficie de distribución nativa se amplía desde la cuenca del Amazonas por el sur hasta la región mediterránea de México. Su origen se encuentra en Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela y Perú. Dentro de *Theobroma cacao* en la literatura botánica sistemática se reconocen dos subespecies: *Theobroma cacao* L. subsp. *cacao* y *Theobroma cacao* L. subsp. *Sphaerocarpum* (Chev.) Cuatrec. Razas y cultivares de la subespecie *cacao* forman el grupo *Criollo*, mientras que la subespecie *sphaerocarpum* corresponde al grupo Forastero (Dostert *et al.*, 2012).

### 2.2 Cacao Nacional de Ecuador

Los árboles de cacao Nacional desarrollaron un fuerte aroma floral y un sabor característico que se produce únicamente en Ecuador, mundialmente es conocido como “arriba”, esta denominación surge debido a que las mazorcas provienen de la cuenca del Río Guayas. De las distintas clases de cacao nacional (“Bolívar” y “Esmeraldas”) que se originan en Ecuador, el cacao “arriba” es el más reconocido por ser el de mayor calidad. Su aroma y sabor son muy valorados para la fabricación de productos a base de chocolate (Romero *et al.*, 2010).

### 2.3 Beneficio del cacao

Se describe como beneficiado a la preparación de los granos antes de su industrialización y comercialización (Amores *et al.*, 2009). Empieza con la cosecha y partida de las mazorcas maduras para la obtención de los granos, continúa con la fermentación, secado y limpieza, termina con la selección, clasificación y almacenamiento (Ayestas *et al.*, 2014). Para la calidad del producto final, el proceso postcosecha es de mucha importancia ya que permite el desarrollo de sus características organolépticas (Sánchez *et al.*, 2008).

### 2.4 Cosecha de cacao

Consiste en recolectar únicamente mazorcas maduras. Los frutos verdes no se deben cosechar, porque el grano inmaduro genera un producto de sabor muy amargo, ya que las sustancias azucaradas que recubren la almendra aún no se encuentran en óptimas condiciones para el desarrollo de los procesos bioquímicos que se originan durante la

fermentación (Pinzón *et al.*, 2004), produciendo un porcentaje elevado de almendras violetas, pizarrosas, además disminuyen el rendimiento de los granos en peso. Cuando existen dudas respecto al estado de madurez de la mazorca, basta golpearlo con los dedos de la mano y si se produce un sonido hueco es señal de que está madura. (INTA, 2010).

El periodo de recolección está determinado por el volumen de la cosecha, la madurez del fruto, la presencia de plagas, enfermedades o animales nocivos. Generalmente, en plantaciones pequeñas o medianas, la recolección se debe hacer cada dos o tres semanas, para evitar la sobremaduración y pérdidas por insectos o enfermedades del fruto. La cosecha debe realizarse con las herramientas apropiadas, la tijera podadora es la principal. Con otra herramienta como el machete, se puede lastimar al árbol o los granos de la mazorca. Las mazorcas nunca se deben arrancar con la mano, porque daña completamente el cojín floral y causa lesiones peligrosas al tronco. El corte con la tijera se lo debe realizar cerca de la mazorca, sobre la base de ésta y no sobre el cojín floral, pues también puede deteriorarlo perjudicando la futura cosecha (Pinzón *et al.*, 2004).

## **2.5 Quiebra y desgrane**

Consiste en quebrar el fruto y sacar los granos, los cuales luego de ser extraídos de la placenta, serán sujetos al proceso fermentativo. La partición del fruto se realiza con materiales adaptados básicamente para esta actividad como machetes reducidos o pedazos de madera para con ligeros golpes abrirlas. Tener mucha precaución y no destruir los granos que se encuentran ligados a la placenta. El desprendimiento de las almendras se efectúa manualmente. Luego de quebrar el fruto el desgrane se lo realiza rápidamente. El lapso de tiempo entre el desgrane y su puesta a fermentar no debe pasar las veinticuatro horas. Al momento de efectuar la recolecta se precisa diferentes sitios dentro del cultivo donde se acumulan los frutos, se quiebra, se desgrana y se trasladan los granos en baldes o bolsas de plástico a los fermentadores (INTA, 2010).

## **2.6 Fermentación**

La fermentación se produce cuando se combinan los alcoholes, ácidos, pH y humedad, este entorno permite que el embrión en el grano muera, el sabor amargo disminuya por la pérdida de teobromina y se origine un sabor y aroma más pronunciado a chocolate (Caballero *et al.*, 2016).

En lo que respecta al beneficio del cacao la fase más significativa es la fermentación, acción que implica dos fenómenos diferentes, pero no individualistas, primero una fermentación microbiana que ayuda a la eliminación de la pulpa mucilaginosa que se encuentra en los granos y segundo, incita a un conjunto de reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones, que dirigen a la transformación de la composición química de los granos y exclusivamente, a la formación de los precursores del aroma. Estas reacciones son impulsadas por el aumento de la temperatura en la masa de cacao durante la fermentación y a la migración del ácido acético de la pulpa hacia el grano, igualmente estos dos fenómenos eliminan el poder germinativo del embrión. La fermentación está afectada por las condiciones del medio donde se efectúa el procesamiento, el método de fermentación, cantidad de cacao a fermentar, cantidad de pulpa en los granos, espacios entre cosechas y el origen genético del cacao (Gutiérrez, 2012).

En el proceso fermentativo, las almendras adquieren una coloración marrón, que distingue entre los tipos, la cual es provocada por la hidrólisis de las antocianinas y la posterior oxidación de las agliconas resultantes a compuestos quinónicos, los cuales colaboran al color marrón propio de un cacao fermentado (Álvarez *et al.*, 2010).

La combinación de la elevada temperatura con el ácido acético, es la que conduce a la muerte del embrión, y posterior formación de las sustancias precursoras del aroma y sabor a chocolate (azúcares reductores, péptidos, aminoácidos, entre otros). Cuando una fermentación es defectuosa la manifestación sensorial de los granos luego del tostado, se presenta disminuida (Jiménez *et al.*, 2011).

La fermentación es la fase más importante para el desarrollo del aroma, debido a que el contenido de los compuestos químicos vinculados con la formación del aroma de origen térmico sufre una intensa transformación (Portillo *et al.*, 2014).

## **2.7 Métodos de fermentación**

El método de fermentación del cacao varía de acuerdo con la cantidad de producción de la hacienda y es complejo y costoso cuando las cantidades cosechadas son considerables. Existen varios métodos de fermentación y los más utilizados son los siguientes:

### **2.7.1 Cajones de madera a un nivel**

Las cajas se fabrican con tablones de madera finas, preferible blancas, resistentes a la humedad semejantes al cedro, nogal, etc., que no desencadene sustancias extrañas como taninos, que influyan con la calidad del producto final. Descansan sobre patas separados del suelo a una altura de 0.2 m. El tamaño varía de acuerdo a la producción de la finca y puede ser de 0.60 x 0.60 x 0.60 m. o 1.0 x 1.0 x 1.0 m (Amores *et al.*, 2009).

### **2.7.2 Cajones de madera tipo escaleras**

Este método se construye con varias series de tres cajones de madera, colocados a diferentes niveles, a manera de una escalera. Recién cosechado el cacao se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción (a las veinticuatro horas), la masa se vierte en el cajón inferior. Luego de transcurrir el mismo tiempo la masa se vierte en el último cajón. Este proceso favorece la aireación de la masa, situación que es de gran importancia para el correcto desarrollo del proceso de fermentación (Amores *et al.*, 2009).

### **2.7.3 Fermentación en montón**

Se realiza un tendido de hojas de plátano sobre un piso de caña o tabla de madera, para en aquel lugar amontonar los granos frescos. Posteriormente éstos se cubren con el mismo tipo de hojas para que empiece la fermentación. Los montones se cubren adicionalmente con sacos de yute para disminuir la pérdida de calor (Amores *et al.*, 2009). Las variaciones de temperatura son mayores en los montones que en las cajas, posiblemente por la variabilidad en el grado de aireación, debida a la compactación irregular y, por esta razón, la cura en cajas es preferible a la cura en montones (Enríquez, 1985).

### **2.7.4 Fermentación en sacos**

Comúnmente el productor llena los sacos con cacao fresco y los cuelga para facilitar el escurrimiento. También acostumbra amontonar los sacos en el suelo durante cinco a siete días, o los que se requiera según el tipo de cacao. De vez en cuando remueve la masa dentro de los sacos para fomentar la aireación y terminar la fermentación. Si el método se maneja de manera incorrecta, se origina un elevado porcentaje de granos violetas y pizarras, perjudicando gravemente la calidad sensorial del cacao (Amores *et al.*, 2009).

### **2.7.5 Micro fermentaciones**

Es un método utilizado para fermentar cantidades pequeñas de cacao fresco. Se acopla para ensayos de investigación relacionados con el proceso de fermentación. Se utilizan muestras de cacao de 4 Kg, ubicando la masa en pequeños sacos de tela con mallas de 45 cm de largo por 25 cm de ancho. La masa queda espaciosa en el interior de la malla para permitir la eliminación normal del mucílago y la remoción de los granos cuando se requiera. Los pequeños sacos se colocan en el interior de una gran masa fermentante, preferiblemente más de 100 kg, para simular el entorno y reacciones habituales del proceso fermentativo (Amores *et al.*, 2009).

### **2.7.6 Fermentador Rohan**

Radica en una pila de cinco o más bandejas de madera, de tamaño variable, sobrepuestas, en ellas se coloca el cacao fresco. Las bandejas deben poseer el fondo enrejado, para facilitar el drenaje de los líquidos. La bandeja inferior de base estaría llena de aserrín lo cual permitirá el control de la aireación. La bandeja de la parte superior se cubre con sacos vacíos para eludir pérdidas de calor. Los granos se deben remover dentro de las gavetas cada dos días, de esta manera mejora la fermentación, reducirá la incidencia de hongos, prevenir el amontonamiento y garantizar la homogeneidad del proceso. Además, las bandejas se van alternando de lugar, de abajo hacia arriba (Reyes *et al.*, 2000).

### **2.7.7 Tambores giratorios**

El aspecto más importante al comienzo de la fermentación y en el aumento de la temperatura, es la adecuada aireación de la masa. En el centro de una masa fermentada no se logra un cien por ciento de granos fermentados, siempre existe un conjunto de granos (15 – 20 %) que no consiguen una buena fermentación. Para evitar esto se han ingeniado los tambores giratorios, de tal forma que la masa se airea continuamente. Con estos tambores, fabricados de madera, puede obtenerse la mezcla entera de la masa, con un sencillo movimiento de palanca. De esta forma se facilitan los volteos de los granos y no se pierde temperatura por tener que extraer la masa en fermentación (Enríquez, 1985).

## **2.8 Temperatura en el proceso de fermentación**

El incremento de la temperatura se produce en el transcurso de las primeras veinticuatro horas en más de 10 °C, hasta más de 30 °C en una buena fermentación activa. Cuando la pulpa comienza a descomponerse y a escurrirse durante el segundo



día, las bacterias se incrementan, se produce ácido láctico y las bacterias acéticas quedan en condiciones levemente más anaeróbicas oxidando aceleradamente el alcohol a ácido acético. Para entonces se obtiene una temperatura mayor a 40 °C, como es indudable la aireación en este momento para una buena actividad microbiana. Un acelerado incremento de la temperatura beneficia el proceso fermentativo al incrementar la degradación de las células de los cotiledones, debido a su efecto sobre la viabilidad de las almendras (Gutiérrez, 2012).

Cuando la temperatura alcanza 45 °C, en el interior del grano muere el embrión, señalándose el principio de los cambios bioquímicos que conducirán a la creación de los precursores del aroma y sabor a chocolate. Las más elevadas temperaturas se originan en la capa superior de la masa entre el segundo y tercer día a partir del inicio de la fermentación (Amores *et al.*, 2009).

La acumulación de temperatura comienza lentamente debido a la carencia de contaminación del material, lo que hace inevitable una mezcla de los granos con el mucilago fermentado de toda la masa, que al oxigenarse eficazmente, da un resultado positivo en todo el proceso fermentativo; de ahí la exigencia de remover la masa a las veinticuatro horas de iniciado (Enríquez, 1985).

Se ha indicado, teóricamente, que el comienzo de la fermentación (48 horas) la actividad microbiana produce un aumento de la temperatura hasta obtener un máximo entre 42 - 45 °C y luego disminuye como resultado de la inactivación de las bacterias acéticas y la muerte del embrión, producido por la introducción del ácido acético hasta él (Portillo *et al.*, 2011).

La temperatura se incrementa por el calor producido por las reacciones exotérmicas y la actividad microbiana que suceden en el proceso fermentativo, derivando la mayor cantidad de calor de la oxidación de etanol a acetato y de la transformación del acetato a dióxido de carbono y agua, mientras que el descenso es provocado por la inactivación de la microflora predominante al alcanzar la temperatura valores próximos a 40 °C. Los valores máximos de temperatura inferiores al rango 44 - 47 °C son considerados apropiados para la fermentación (Torres *et al.*, 2004).

## **2.9 pH en el proceso de fermentación**

El incremento de la acidez está vinculado a los ácidos acéticos y lácticos producidos durante la degradación de la pulpa por el accionar microbiano. Al inicio de la fermentación los cotiledones poseen un pH de 6,60. A partir del primer día desciende paulatinamente hasta 6,30; luego al tercer y cuarto día lo hace de manera acelerada, obteniendo un valor aproximado a 4,75. Luego este valor sufre alteraciones, hasta el término de la fermentación, ascendiendo durante el secado hasta aproximadamente 5,40. En cambio, el pH inicial de la pulpa es muy bajo lo cual beneficia el crecimiento de ciertos microorganismos, su valor fluctúa cerca de 3,80 en los primeros días de fermentación, luego aumenta lentamente hasta llegar a 4,00 y al tercer día equipara el pH que presenta el cotiledón al cuarto día (4,75). Valores de pH altos son indicativos de una sobrefermentación pero valores inferiores a 5 señalan una fermentación deficiente (Portillo *et al.*, 2011).

Un nivel elevado de pH en los cotiledones es un índice de una sobrefermentación de la masa, la cual encamina a la creación de ácidos carboxílicos y amina biogénicas por descarboxilación enzimática de los correspondientes aminoácidos (Álvarez *et al.*, 2010)

El pH es un parámetro crucial en la calidad del cacao empleado en la fabricación del chocolate. El exceso de ácido acético resultado de una incorrecta fermentación provoca efectos desfavorables sobre el chocolate (González *et al.*, 2014).

Al comienzo de la fermentación, el pH de la testa era de 3.54 y el del cotiledón 6.45. Al final de la fermentación, el pH de la testa obtuvo el valor de 4.93 y el cotiledón 4.68. Luego del secado, con los granos al 7% de humedad, el pH fue de 5.30 en la testa y 5.10 en el cotiledón. Las dos series de pH siguieron las tendencias esperadas, es decir con el pH de la testa aumentándose progresivamente mientras se reducía su acidez. En cambio el pH del cotiledón disminuyó hasta el término de la fermentación y se incrementó después del secado, evidenciando la merma de acidez volátil (ácido acético) que acompaña al agua que se evapora desde el interior de los granos (Amores *et al.*, 2009).

## **2.10 Remoción de la masa**

En el proceso fermentativo del cacao se ha descubierto que la remoción de la masa, ejerce un efecto relevante sobre los precursores del sabor. Al remover la masa fermentante se aumenta la aireación, lo que regula la acidez del producto y la

velocidad del proceso, ya que el crecimiento de la temperatura y de la acidez depende de la aireación de la masa en fermentación. También, la remoción evita el amontonamiento de las almendras y el desarrollo de hongos en la superficie y esquinas de los fermentadores. La frecuencia de remoción de la masa puede modificar la correcta secuencia microbiana durante la fermentación y ocasionar el manifiesto de metabolitos que, al esparcirse al interior de los cotiledones, pueden perjudicar la calidad del producto final, por lo que el control de dicho factor es muy importante (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009).

Lo granos pueden mantenerse sin ser perturbados, durante las primeras treinta y seis horas, duración de la etapa de fermentación anaeróbica, luego es indispensable remover la masa de cacao cada veinticuatro horas, para permitir la liberación del dióxido de carbono producido en el proceso y que su sitio sea ocupado por aire rico en oxígeno que garantice el proceso de oxidación. Con la remoción se obtiene una fermentación homogénea entre las almendras, lo que permitirá obtener una almendra con sabor, aroma y color a chocolate ya que es esta fase se fomenta el desarrollo de los precursores de tales propiedades. La duración de la fermentación debe ser de cinco a seis días dependiendo del estado ambiental de la zona (Pinzón *et al.*, 2004).

La remoción de la masa tiene mucha importancia sobre la calidad final del chocolate y han recomendado que se debe realizar cada veinticuatro horas (Álvarez *et al.*, 2010).

### **2.11 Recomendaciones para una buena fermentación**

- Se debe cosechar únicamente mazorcas sanas y maduras.
- Separar las mazorcas según el tipo de cacao, Criollos y Trinitarios, pues necesitan diferentes periodos de fermentación.
- Limpiar las cajas o cestos de fermentación antes del comienzo del proceso, eliminando hongos, insectos o restos de otras fermentaciones que puedan estar presentes.
- La fermentación debe planificarse al momento de juntar suficientes mazorcas y abrirlas al mismo tiempo, para llenar el volumen del fermentador. Las mazorcas verdes sin mucílago ocasionan deficiencias en el proceso, si no se adquieren volúmenes necesarios no se logra la temperatura requerida.
- La masa de almendras debe tener una correcta cubierta, con hojas de banano o plátano, sacos limpios de sisal o plástico, para prevenir la pérdida de calor. Asegurarse que los drenajes sean permeables y faciliten la salida de los

líquidos que se escurren durante el proceso, permitiendo la aireación y previniendo el aumento excesivo de la temperatura y los malos aromas.

- Es indispensable la remoción de la masa de almendras en fermentación periódicamente, cada cuarenta y ocho horas como mínimo, para asegurar la aireación necesaria.
- La duración del proceso depende del tipo de cacao, si este se reduce, abundantes granos permanecerán sin fermentar y si este aumenta, sucederá la sobrefermentación que ocasiona malos aromas y alteraciones en la masa de cacao que deteriora de una manera representativa la calidad del producto final (Reyes *et al.*, 2000).

## **2.12 Secado**

Es importante la eliminación de humedad que permanece en la almendra al terminar la fermentación, para prevenir la formación de mohos que perjudican la calidad y facilitar el almacenamiento, manejo y mercadeo del cacao. La humedad debe ser disminuida hasta valores de 6 a 7 %, máximo 8 %, si se disminuye excesivamente la almendra se torna muy quebradiza. La formación de los pigmentos color marrón, a partir de los compuestos fenólicos, es otra etapa destacada del secado, lo cual únicamente sucede en mencionada fase. Asimismo, los precursores del sabor, tales como aminoácidos libre, péptidos y azúcares no reductores, pueden presentar ciertas alteraciones químicas asociados con reacciones térmicas, lo cual simultáneamente con los cambios bioquímicos, productos de la fermentación, son determinantes de la calidad del cacao beneficiado, formando un agente de peso en su comercialización y en su empleo en la agroindustria (Nogales *et al.*, 2006).

Al concluir el proceso de fermentación, la humedad de los granos de cacao, es levemente superior al 60 % y tiene que disminuirse hasta 8 %. Porcentajes inferiores hacen que la cáscara se vuelva frágil y porcentajes de humedad superiores, hacen que la almendra sea susceptible a la formación de hongos durante el almacenamiento. Durante el proceso de secado la temperatura máxima media que se adquiere es de 55 °C, con la cual la actividad enzimática de la almendra de cacao no se distorsiona. El proceso de los granos de secado es una de las fases del beneficio postcosecha, que debe ser esmeradamente ejecutada para garantizar la calidad integral del producto final. El secado es un proceso físico, químico y mecánico, mediante el cual se suprime el exceso de humedad de los granos, se disminuye la acidez volátil y se finaliza el desarrollo del aroma y sabor a chocolate en el interior de las mismas (Zambrano *et al.*, 2010).

## **2.13 Métodos de secado**

### **2.13.1 Secado natural (al sol)**

El secado debe realizarse de manera pausada y progresiva, comenzando por pocas horas de exhibición al sol durante los primeros días y aumentar gradualmente hasta la completa exposición en los últimos días. Con el secado agresivo, no se obtiene un secado uniforme debido a la interrupción de la hidrólisis enzimática de las antocianinas produciendo granos violetas que le adjudican un sabor astringente, a la vez rápidamente se endurece la cascarilla que una vez seca, evita la salida o difusión de los ácidos volátiles que se agrupan en el grano originando almendras ácidas (Zambrano *et al.*, 2010). En cambio, el secado muy lento ocasiona la formación de mohos que pueden ingresar la testa y llegar al cotiledón, perjudicando la calidad sensorial y originando graves problemas a la industria. La velocidad del secado depende de tres factores: Movimiento de vapor de agua desde el grano al aire circundante, traslado de calor al interior del grano y la cantidad de superficie de los granos expuestos al aire. En Ecuador y otros países productores de cacao, el secado natural de caña o cemento, es el método más usado. Las marquesinas con pisos de madera, son estructuras cubiertas con plástico que permiten el paso de la luz del sol y resguardan los granos de las lluvias imprevistas. Simbolizan otro método de secado empleando la energía (Amores *et al.*, 2009).

### **2.13.2 Secado artificial (estufas)**

Este modo de secado es una opción inevitable para disminuir la humedad del cacao en regiones con lluvias frecuentes, en épocas pico de cosecha, o en fincas de superficies extensas, donde es complicado el secado al sol de toda la producción. Existen muchas alternativas de secadoras mecánicas, pero generalmente se basan en el paso del aire seco caliente por la masa de almendras; el calor para calentar el aire procede normalmente de un quemador a gas. Para el uso más positivo de los secadores artificiales, se aconseja que la fuente de calor se instale lejos de la superficie donde se colocan los granos, minimizándose el peligro de contaminación del cacao con aromas desconocidos, específicamente de combustible. Con reiteración se combina el secado artificial con el secado natural, desapareciendo gran parte de la humedad con el primer método que luego se suplementa con el segundo (Amores *et al.*, 2009). En las máquinas secadoras se adquieren temperaturas superiores a 65 °C que logran provocar inhibición de la actividad enzimática, que es importante en el interior de los granos, donde suceden reacciones de oxidación que reducen el sabor

amargo y la astringencia de la almendra de cacao sin embargo esto ocurre poco durante el secado (Zambrano *et al.*, 2010).

#### **2.14 Limpieza y selección**

Deben eliminarse todas las impurezas para trasladar el cacao al mercado diferenciado, tales como almendras partidas, mohosas y vanas, lo que se puede realizar mediante procedimiento manual o con tamices, únicamente deben quedar las almendras secas y sanas (USAID, 2014).

#### **2.15 Almacenamiento**

El almacenamiento del cacao con un porcentaje superior al ordinario (7 %) por lapsos alargados, conduce al deterioro de los elementos no grasos de los granos. Asimismo causa la oxidación de la grasa por actuación de los hongos. Este último proceso conduce a su vez al incremento de la concentración de los ácidos grasos libres, los cuales no deben sobrepasar el 1 %, niveles más elevados perjudican de manera significativa la calidad del cacao y chocolate. El cacao se almacena en sacos que posteriormente se ubican sobre plataformas de madera de 0.15 m de altura, para separarlos del suelo y mantenerlos aislados de otros productos. Los granos absorben sencillamente aromas de otros productos con los que está en contacto, o que se localizan alrededor (Jiménez *et al.*, 2011).

El comercio de cacao en grano, usualmente se hace en sacos de yute o plástico, de 50 Kg netos, preferentemente nuevos, limpios y cosidos. Muchos países emplean medidas diferentes como quintales (46 Kg) o sacos de 62.5 Kg y hasta 70 Kg. Las cantidades se determinan entre el cliente y el vendedor teniendo en cuenta las reglamentaciones de cada país, ya que frecuentemente existen acuerdos con asociaciones de estibadores con relación a la carga máxima. La bodega de almacenamiento debe estar limpia, seca y aireada, exento de productos químicos y roedores, la humedad debe ser controlada, manteniéndolo en un medio relativamente seco, 40 – 50 % de humedad ambiente. Esto se obtiene con deshumificadores (USAID, 2014).

#### **2.16 Calidad física del grano**

Uno de los aspectos de suma importancia en el desarrollo productivo cacaotero es la calidad del grano y el nivel que se alcance determinará la demanda que posea en el mercado. Alcanzar un cacao de rigurosa calidad exige que se cumpla con una serie de

requerimientos que comienzan seleccionando el lugar de siembra y los suelos que lo caracterizan, hasta el empleo de una tecnología postcosecha adecuada. Algunas propiedades físicas como: tamaño, color, peso y grosor de cascara. Manifiestan la calidad de las almendras de cacao (Gutiérrez, 2012).

#### **2.16.1 Índice de grano**

Los elevados índices de grano son señales claves para el rendimiento anual e investigaciones de mejoramientos. Los genotipos de cacao que poseen índices de grano mayores a 1,0 g son admisibles desde el punto de vista filogenético e industrial (Sanchez *et al.*, 2014). El índice de peso de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1,26 g (Ruíz *et al.*, 2014). Se considera aceptable un índice de semilla de 1,2 g hacia arriba (Jiménez *et al.*, 2011). El índice varía entre 0,76 y 1,89 g (Vera *et al.*, 2014).

#### **2.16.2 Porcentaje de testa**

Se admite hasta el 12 % de testa a nivel de exportaciones (Ruíz *et al.*, 2014). Algunas muestras tomadas en diferentes provincias del país (Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Guayas) dieron como resultado promedios de 13,4; 13,8; 14,1 y 14,5 % respectivamente (Jiménez *et al.*, 2011). Un valor alto de testa puede simbolizar una tolerante desventaja en el comercio ya que significa que los granos poseen menor rendimiento de nibs al retirar la cascarilla. Pero este inconveniente es considerablemente retribuido por ventajas comparativas como el índice de grano, alto en comparación con muchos orígenes internacionales. El porcentaje de testa suele variar de 6 al 16 % (Amores *et al.*, 2009). Los granos grandes presentan un porcentaje mayor de testa (Vera *et al.*, 2014).

#### **2.16.3 Porcentaje de fermentación**

Un mínimo de 75 % de almendras fermentadas, debe existir para que las fábricas procesadoras de chocolate se beneficien del sabor a cacao (Gutiérrez, 2012; Ruíz *et al.*, 2014). El índice óptimo de fermentación tiene un porcentaje mayor o igual al 60 % de almendras de color marrón en la masa fermentante (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009; González *et al.*, 2014).

#### **2.16.4 Almendras violetas**

Las desigualdades observadas en los índices físicos son atribuidas a la recolecta de frutos inmaduros que dan origen a un alto porcentaje de almendras violetas y posiblemente por diferencias en el procesamiento de las mismas (Álvarez *et al.*, 2010).

La coloración violeta intensa es como resultado de una muy limitada fermentación, lo que evita la liberación y oxidación de los polifenoles (Jiménez *et al.*, 2011).

### 2.16.5 Almendras pizarras

Las almendras pizarras se producen cuando el tiempo de fermentación es muy corto (Amores *et al.*, 2009). El tiempo de fermentación no contribuye a la formación de granos pizarrosos y se atribuye a factores como la madurez de la mazorca, fermentación defectuosa y la falta de volteos (Rivera *et al.*, 2012).

## 2.17 Calidad organoléptica

Los parámetros más importantes que representan la calidad organoléptica son: el color, aroma y sabor. Mediante estos se puede distinguir a los cacaos ordinarios de los finos de aroma. Estos últimos, se caracterizan porque el sabor a cacao se combina con otros sabores como floral, frutal, nuez, etc., atribuyéndoles una calidad más aromática (Jiménez *et al.*, 2011). En un licor de cacao se pueden reconocer tres tipos de sabores: básicos, específicos y adquiridos, los cuales se describen a continuación:

### 2.17.1 Sabores básicos

**Astringente:** sabor fuerte producido por la ausencia de fermentación, ocasiona sequedad en la boca, incremento de salivación, se percibe en toda la boca, encías, dientes, lengua y garganta. Referencias: carambola pintona, cacao no fermentado, hojas de plátano, mango verde (Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo astringente evaluado mediante una escala hedónica 1,39; 2,33; 2,22; 3,61; 2,67; 1,44 (Ruíz *et al.*, 2014). Esta característica está relacionada con las antocianinas y epitecatequinas (Reyes *et al.*, 2000).

**Amargo:** sabor fuerte y amargo, usualmente por la ausencia de fermentación, se percibe en la parte posterior de la lengua o garganta. Referencias: toronja, café, cerveza (Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo amargo evaluado mediante una escala hedónica 2,61; 4,28; 3,25; 3,19; 3,22; 3,50 (Ruíz *et al.*, 2014). Esta característica está relacionada con la theobromina y cafeína (Reyes *et al.*, 2000).

**Dulce:** se percibe una impresión en la punta de la lengua (Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo caramelo evaluado mediante una escala hedónica 1,17; 0,61; 1,78; 1,19; 0,78; 1,22 (Ruíz *et al.*, 2014).



**Ácido:** describe licores con sabor ácido, por presencia de ácidos volátiles y no volátiles. Se percibe a los lados y centro de la lengua. Referencia: vinagre, frutas cítricas (Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo ácido evaluado mediante una escala hedónica 2,03; 3,50; 3,03; 4,36; 2,44; 1,83 (Ruíz *et al.*, 2014).

Una limitada fermentación beneficia la expresión de niveles más fuertes de astringencia y amargor en el perfil sensorial (Ruíz *et al.*, 2014).

Las correlaciones negativas del sabor a cacao con el amargor, acidez y astringencia son resultado de la deficiente calidad de la fermentación que impulsa la expresión de estos últimos, disminuyendo la expresión del sabor a cacao y de otros aromas de interés, en mayor o menor magnitud (Vera *et al.*, 2014).

Las diferencias en los promedios de fermentación con certeza intervienen en la calidad de su expresión organoléptica. La evidencia sobre el efecto que ejerce la fermentación deficiente en los granos sobre los rasgos sensoriales es amplia (Solórzano *et al.*, 2015).

### 2.17.2 Sabores específicos

**Floral:** aromas a flores, con tonalidad perfumada. Referencia: flores de cítricos, lilas, violetas (Quintana *et al.*, 2014). El sabor floral es la primordial característica del cacao fino de aroma o “sabor arriba” (Vera *et al.*, 2014). Promedios del atributo floral evaluado mediante una escala hedónica 0,22; 1,50; 2,36; 1,17; 1,83; 0,78 (Ruíz *et al.*, 2014). La fracción volátil global de los granos bien fermentados y secos, es diez veces superior y más importante que los granos no fermentados y secos. Como es el caso del linalol perteneciente a la familia de los terpenos que se asocia al sabor floral (Portillo *et al.*, 2009).

**Frutal:** aroma y sabor a fruta madura, dulce y agradable. Referencias: cualquier fruta seca madura, ciruelas pasas (Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo frutal evaluado mediante una escala hedónica 2,83; 3,94; 3,39; 3,44; 3,17; 3,39 (Ruíz *et al.*, 2014). Esta característica en cacao nacional podría estar vinculado al medio ambiente e higroscopia de la almendra cerca de árboles frutales, a esto se suma el manejo pos-cosecha (Vera *et al.*, 2014). Esta nota sensorial está relacionada con los esteres (Portillo *et al.*, 2014).

**Cacao:** sabor a granos de cacao correctamente fermentados, secos, tostado y sin desperfectos. Referencias: cacao fermentado y tostado, barras de chocolate negro

(Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo cacao evaluado mediante una escala hedónica 3,06; 3,39; 4,03; 3,86; 2,89; 3,11 (Ruíz *et al.*, 2014).

**Nuez:** sabor y aroma de almendras y nuez (Quintana *et al.*, 2014). Promedios del atributo nuez evaluado mediante una escala hedónica 2,78; 1,50; 1,17; 2,0; 0,83; 1,94 (Ruíz *et al.*, 2014). El complejo polipéptidos - fenoles y pirazinas participan en esta nota sensorial (Portillo *et al.*, 2014).

Las diferencias en la calidad de la fermentación podrían explicar los probables vínculos entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez. Las muestras mejor fermentadas no solo desarrollan una manifestación más fuerte del sabor a cacao sino también notas sensoriales aromáticas características de los cacaos finos o de aroma, cuando estas son partes integrales de su base genética (Vera *et al.*, 2014).

Las condiciones agroclimáticas, el manejo del cultivo, el material genético, el proceso de fermentación, secado y tostado, influyen en gran medida los atributos organolépticos del cacao (Ventura *et al.*, 2014). Se ha encontrado que los aromas y sabores específicos del cacao, son originados por transformaciones enzimáticas durante el beneficio postcosecha de las almendras (Ramos *et al.*, 2013). Al momento de realizar un eficiente manejo postcosecha a los granos de cacao frescos, las almendras secas adquirirán sabores y aromas agradables (Liendo, 2015).

### 2.17.3 Sabores adquiridos

**Químico:** licores contaminados por plaguicidas, desinfectantes, combustible y otros productos (Quintana *et al.*, 2014).

**Moho:** sabor mohoso, provocado por una sobrefermentación de los granos o defectuoso secado. Referencias: aroma a bosque, musgo, sabor a pan viejo (Quintana *et al.*, 2014).

**Humo:** licores contaminados por humo de madera, provocado usualmente por el secado artificial. Referencia: jamón, notas fenólicas, humo de madera (Quintana *et al.*, 2014).

**Verde/crudo:** características que señalan deficiente fermentación o tostado (Quintana *et al.*, 2014). El sabor verde es producido por la existencia de almendras violetas que no han terminado su fermentación o su secado no fue el correcto (Jiménez *et al.*, 2011).

## 2.18 Normas para controlar la calidad del cacao

En Ecuador se utilizan las normas (INEN, 2006) que se detallan a continuación:

- El cacao beneficiado debe poseer un porcentaje máximo de humedad de 7%.
- El cacao beneficiado no debe encontrarse infestado.
- El cacao beneficiado no debe superar el 1% de almendras partidas.
- El cacao beneficiado debe encontrarse exento de aromas a humo, agroquímicos, moho, ácido butírico (putrefacto), o cualquier otro que se considere discutible.
- El cacao beneficiado, hasta tanto se elaboren las regulaciones ecuatorianas correspondientes debe acogerse a las normas establecidas por la FAO/OMS, en cuanto tiene que ver con los límites recomendados de aflatoxinas, plaguicidas y metales pesados.
- El cacao beneficiado debe encontrarse limpio de materias extrañas.

Cuadro 1. Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado.

Requisitos	Unidad	ARRIBA				
		A.S.S.P.S	A.S.S.S	A.S.S	A.S.N	A.S.E
Cien granos pesan	g	135-140	130-135	120-125	110-115	105-140
Buena fermentación (mín.)	%	75	65	60	44	26
Ligera fermentación* (mín.)	%	10	10	5	10	27
Violeta (máx.)	%	10	15	21	25	25
Pizarro (pastoso) (máx)	%	4	9	12	18	18
Moho (máx)	%	1	1	2	3	4
TOTALES (análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100
Defectuosos (análisis sobre 500 gramos) (máx.)	%	0	0	1	3	**4
TOTAL FERMENTADO (mín.)	%	85	75	65	54	53
A.S.S.P.S	Arriba Superior Summer Plantación Selecta					
A.S.S.S	Arriba Superior Summer Selecto					
A.S.S	Arriba Superior Selecto					
A.S.N	Arriba Superior Navidad					
A.S.E	Arriba Superior Época					
* Coloración marrón violeta						
** Se permite la presencia de granza solamente para el tipo A.S.E						

Fuente: (INEN, 2006)

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### 3.1.1 Localización del ensayo

El presente trabajo se realizó en el área de cacao de la granja experimental Santa Inés perteneciente a la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el Km 5,5 de la vía Machala - Pasaje, perteneciente a la parroquia El cambio, cantón Machala, provincia de El Oro.

##### 3.1.2 Ubicación geográfica

El sitio de estudio se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas:

	Geográficas	UTM
Longitud:	79° 54' 05" W	9636128
Latitud:	03° 17' 16" S	620701
Altitud:	7 msnm	

##### 3.1.3 Clima y ecología

De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, el sitio de ensayo corresponde a un bosque muy seco – Tropical (bms – T), con una precipitación media anual de 699 mm, una temperatura media anual de 25° C y una humedad relativa de 84%.

##### 3.1.4 Materiales

###### 3.1.4.1 Materiales de campo

- Mazorcas de cacao tipo Nacional, sanas y maduras
- Mazo de madera
- Hojas de banano
- Saco de yute
- Balde plástico
- Caja de madera
- Rotor de madera
- Pala de madera
- Marquesina
- Balanza
- Termómetro
- Medidor de humedad
- Libreta de campo

### **3.1.4.2 Materiales de laboratorio**

- Almendras secas de cacao tipo Nacional
- Navaja
- Balanza
- Tabla de la clasificación de almendras secas de cacao por el grado de fermentación
- Cámara fotográfica
- Peachímetro
- Vaso de precipitación (100 ml)
- Agua destilada
- Licuadora
- Vasos plásticos (150 ml)
- Etiquetas

### **3.1.5 Factor evaluado**

Para cumplir con los objetivos planteados se evaluó el factor, que se detalla a continuación:

Incidencia del método de fermentación en la calidad de almendras y licor de cacao.

### **3.1.6 Variables analizadas**

- Temperatura.
- pH o potencial de hidrógeno.
- Índice de grano.
- Porcentaje de cascarilla o testa.
- Porcentaje de fermentación.
- Calidad del licor de cacao.

### **3.1.7 Medición de las variables**

#### **3.1.7.1 Temperatura**

Se midió a las 24, 48 y 72 horas de haber iniciado el proceso fermentativo en el centroide de la masa de cacao, a una profundidad de 10 cm, utilizando para ello un termómetro calibrado de 0 a 100 °C y apreciación de  $\pm 0,1$  °C (Portillo *et al.*, 2011).

#### **3.1.7.2 pH o potencial de hidrógeno**

El valor del pH de la testa y del cotiledón se registró en 30 almendras de cacao. Primero se separó la testa del cotiledón; posteriormente el cotiledón como la testa, individualmente fueron triturados usando una licuadora, conteniendo 100 ml de agua destilada por un lapso de 2 a 3 minutos y con un peachímetro se procedió a realizar la

lectura del pH. Esta variable se midió al inicio y final de la fermentación, y después del secado (Vera *et al.*, 2014).

### 3.1.7.3 Índice de grano

Es el peso promedio en gramos, de una almendra de cacao seco. Se tomaron al azar 100 almendras por cada tratamiento y se calculó el IG, utilizando la fórmula (Sanchez *et al.*, 2014):

$$IG = \frac{\text{Peso en gramos de 100 almendras fermentadas y secas}}{100}$$

### 3.1.7.4 Porcentaje de cascarilla o testa

Se determinó en base al peso de un grupo de 30 almendras fermentadas y secas, por cada tratamiento tomadas al azar, obteniendo su porcentaje mediante la utilización de la siguiente fórmula (Vera *et al.*, 2014):

$$\% \text{ de testa} = \frac{\text{Peso de la testa} \times 100}{\text{Peso de 30 almendras}}$$

### 3.1.7.5 Porcentaje de fermentación (prueba de corte)

El porcentaje de fermentación se determinó en almendras secas, utilizando la "prueba de corte", la cual consiste en partir longitudinalmente 100 almendras tomadas al azar por cada tratamiento. Enseguida, se analizó los cotiledones con adecuada luz natural (Amores *et al.*, 2009) y las almendras se clasificaron de acuerdo al criterio de las normas INEN 176 y a la tabla de la clasificación de las almendras secas de cacao por el grado de fermentación, propuesta por Bioversity International (Anexo 2).

Grano de buena fermentación: grano fermentado cuyos cotiledones presentan en su totalidad una coloración marrón o marrón rojiza y estrías de fermentación profunda.

Grano medianamente fermentado: grano cuyos cotiledones son ligeramente estriados y presentan un color ligeramente violeta, debido al mal manejo durante el beneficiado.

Grano violeta: grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, debido al mal manejo durante el beneficiado.

Grano pizarroso: 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 mohoso: grano que ha sufrido deterioro parcial o total en su estructura interna debido a la acción de hongos.

Grano infestado: grano que contiene insectos vivos en cualquiera de sus estados biológicos.

Total fermentación: se obtuvo sumando los porcentajes de granos bien fermentados y ligeramente fermentados (INEN, 2006).

### **3.1.7.6 Calidad del licor de cacao (catadores)**

Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de calidad de Cacao de la Estación Experimental Pichilingue - INIAP por catadores experimentados. Se utilizó 150 g de almendras fermentadas y secas para la elaboración del licor de cacao, las almendras fueron sometidas a un proceso de torrefacción en estufa a una temperatura de 112 °C durante 12 min. Luego de que las almendras se enfriaron se procedió a descascarillarlas manualmente. Posteriormente los cotiledones se trituraron en un molino para granos secos, obteniéndose porciones de 1 a 3 mm. Para la molienda fina de los cotiledones y obtención refinada de la pasta, se utilizó un molino dotado de un sistema de enfriamiento incorporado. Al término de la molienda y refinado se obtuvieron entre 100 y 120 g de licor de cacao para cada muestra que luego se almacenaron en un refrigerador identificadas con su debido código.

Durante la evaluación, los licores se llevaron a una temperatura de 40 a 45 °C. Cada catador tomo una pequeña cantidad de licor de cacao en el extremo de una paleta plástica pequeña y la colocó uniformemente sobre su lengua. El catador mantuvo la muestra en su boca por espacio de 15 a 20 segundos, determinando los atributos de cada una de ellas y registrando los resultados en un formato diseñado para el efecto. Las degustaciones se realizaron en forma individual y antes de continuar con la siguiente muestra, los catadores esperaron unos minutos para que se pierdan los sabores remanentes de la muestra anterior tomando agua o consumiendo galletas (Párraga Vera, 2015). En todos los perfiles de sabores (básicos y específicos), individualmente se calificará la degustación del licor de cacao usando la siguiente escala:

- 1 = Normal
- 2 = Bueno
- 3 = Excelente

Los sabores básicos estuvieron formados por:

**Amargor:** aquellas muestras que presentaron un sabor fuerte y amargo, se detectó en la parte posterior de la lengua y la garganta.

**Acidez:** se consideraron aquellas muestras que presentaron un sabor ácido persistente, que se percibió a los lados y en el centro de la lengua.

**Astringencia:** muestras que dejaron una sensación fuerte de sequedad en la boca, se detectó en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes.

**Verde/crudo:** características que señalan deficiente fermentación o tostado.

Los sabores específicos se clasificaron en:

**Cacao:** aquellas muestras que presentaron un sabor típico a chocolate.

**Floral:** muestras que presentaron un sabor agradable, similar al olor de las flores.

**Frutal:** muestras identificadas por un sabor a fruta madura, muy agradable.

**Nuez:** consideradas aquellas muestras que presentaron un sabor a almendra o a nuez.

**Caramelo:** aquellas que tuvieron sabor agradable parecido al agua azucarada.

### 3.1.8 Tratamientos

Se aplicó cinco tratamientos en total. Cada uno de ellos con diferentes métodos de fermentación, como se indica en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Métodos de fermentación a utilizar en la obtención de almendras y licor de cacao de alta calidad en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala.

<b>Tratamiento</b>	<b>Métodos a utilizar</b>
T1	Saco de yute
T2	Rotor de madera
T3	Montón
T4	Caja de madera
T5	Balde plástico



## **3.2 METODOLOGÍA**

Para el proceso se cosecharon mazorcas sanas y maduras de cacao tipo nacional, del sitio el Triunfo, parroquia Progreso, de la provincia El Oro, y luego trasladadas a la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala, el mismo día se procedió a realizar la quiebra con un mazo de madera proporcionando ligeros golpes a la mazorca y fueron desgranadas manualmente colocando los granos en un recipiente plástico y limpio para luego pasar al proceso de fermentación.

Para la fermentación se utilizaron los siguientes métodos: saco de yute, rotor de madera (laurel), montón cubierto con hojas de banano, caja de madera (laurel) con perforaciones de 7 mm en el fondo, cubierta con hojas de banano y saco de yute, balde plástico con perforaciones de 4 mm en el fondo y cubierto con hojas de banano, cada fermentador fue llenado con 10 kg de almendras de cacao fresco. La fermentación tuvo una duración de tres días y las masas fueron removidas a las 24, 48 y 72 horas de iniciado el proceso. Durante el periodo de fermentación se monitoreo la temperatura y el pH.

Para el secado las almendras fueron colocadas por 7 días en marquesinas de mallas plásticas, bajo cubierta y expuestas a las corrientes de aire natural, hasta alcanzar entre el 7 y 8 % de humedad, para que el secado fuese homogéneo los granos se removieron cada 24 horas, utilizando para ello una pala de madera.

Terminado el secado las muestras fueron almacenadas en sacos de polipropileno debidamente identificadas y trasladadas al Laboratorio de Genética de la Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, para las pruebas físicas de calidad. Luego se enviaron muestras de cada tratamiento al Laboratorio de Calidad de Cacao y Café de la Estación Experimental Pichilingue – INIAP, para los respectivos análisis sensoriales.

### **3.2.1 Diseño experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue un diseño completamente al azar (DCA), trabajado en un entorno experimental homogéneo.

#### **3.2.1.1 Características del diseño**

Tratamientos	: 5
Repetición por tratamiento	: 3
Cantidad de cacao (Kg) por tratamiento	: 10

### 3.2.1.2 Modelo matemático

El modelo matemático estuvo representado por la siguiente ecuación lineal con los componentes de varianza:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Representa la unidad experimental

$T_i$  = Efecto del tratamiento

$e_{ij}$  = Error experimental

$\mu$  = Media = Promedio general del ensayo

### 3.2.1.3 Hipótesis

Hipótesis nula ( $H_0$ ): el porcentaje de calidad de las almendras y licor de cacao es el mismo utilizando cualquiera de los métodos de fermentación propuestos en la siguiente investigación, por lo tanto no hay diferencia entre sí y se cumple la ecuación:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \mu_5$$

Hipótesis alternativa ( $H_a$ ): mediante el uso del método de rotor de madera se incrementara la calidad de las almendras fermentadas de cacao por el efecto de rotación aleatoria, incidiendo en una fermentación más homogénea, lo que dará como resultado un licor más aromático y de mayor calidad que con los métodos tradicionales, y por lo menos existe diferencia entre dos medias y se cumple la ecuación:

$$H_a \neq \mu_1 \neq \dots \mu_5$$

El nivel de significación utilizado  $\alpha = 0.05$  (95% de confiabilidad).

Regla de decisión

Se rechaza o acepta la  $H_0$  en base a las siguientes igualdades:

- Si el Valor-P (valor de probabilidad) es menor a 0,05, se detecta un resultado significativo.
- Si Valor-P es mayor o igual a 0,05, se declara el resultado no significativo.

### 3.2.1.4 Análisis de varianza

Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos en estudio se efectuó ANOVA de una vía, previo cumplimiento de los supuestos de normalidad de los datos y homogeneidad de varianzas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza de una vía realizado en la investigación.

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>
Tratamientos	$\Sigma\Sigma^2/n - FC$	t-1	SCT/GL	CMT/CME
Error	$\Sigma\Sigma Y_{ij}^2 - \Sigma Y_i^2/n$	t(n-1)	SCE/GL	
Total	$\Sigma\Sigma Y_{ij}^2 - FC$	Nt-1		

**FV** = Fuentes de variación

**SC** = Suma de cuadrados

**GL** = Grados de libertad

**CM** = Cuadrados medios

**Fc** = Fisher calculado

### 3.2.1.5 Prueba de rangos múltiples

La comparación de promedios se realizó mediante la prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidad, para diferenciar entre pares de medias después que se ha rechazado la hipótesis nula en el análisis de varianza.

El procesamiento estadístico se realizó con el Paquete estadístico SPSS versión 23 para Windows.

### 3.2.1.6 Análisis económico

El análisis económico se realizó proyectado a una producción de 140 Kg/ha de cacao fresco. Teniendo en cuenta el costo y beneficio de cada tratamiento. El precio se estimó de acuerdo al porcentaje de fermentación total y al peso obtenido de las almendras. Actualmente el precio de 45,45 Kg de cacao bien fermentado y seco, tipo Nacional es de 150 USD.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Temperatura

El análisis de varianza (Cuadro 4), señala que al obtener una significancia mayor a 0,05; no existe diferencia estadística en la temperatura tomada a las 24 horas en cada uno de los tratamientos, mientras que en la temperatura tomada a las 48 y 72 horas al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en cada uno de los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 4. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia de la temperatura tomada a las 24, 48 y 72 horas, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
A las 24 h	Tratamiento	19,733	4	4,933	2,960	0,075
	Error	16,667	10	1,667		
	Total	36,4	14			
A las 48 h	Tratamiento	119,067	4	29,767	15,946	0,000
	Error	18,667	10	1,867		
	Total	137,733	14			
A las 72 h	Tratamiento	38,267	4	9,567	7,553	0,005
	Error	12,667	10	1,267		
	Total	50,933	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 5), indica el valor de media más elevado en el T3 y el valor de media más bajo en el T1, aunque estadísticamente no existe diferencia en cada uno de los tratamientos ya que están identificados con la misma letra A.

Cuadro 5. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias de la temperatura tomada a las 24 horas, en los diferentes tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	35,667	3	T3
A	35,337	3	T5
A	34,000	3	T2
A	33,333	3	T4
A	32,667	3	T1

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 6), señala que el T3 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el resto de tratamientos identificados con la letra B, presentan valores de media con una ligera variación y son estadísticamente iguales.

Cuadro 6. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias de la temperatura tomada a las 48 horas, en los diferentes tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	43,000	3	T3
B	38,667	3	T2
B	36,667	3	T5
B	35,667	3	T4
B	35,333	3	T1

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 7), muestra que el T3 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T2 y T4 identificados con las letras BA, son estadísticamente iguales pero difieren con los demás tratamientos. En cambio el T5 y T1 identificados con la letra B, presentan el valor de media más bajo y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos.

Cuadro 7. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias de la temperatura tomada a las 72 horas, en los diferentes tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	45,666	3	T3
B A	44	3	T2
B A	42,666	3	T4
B	41,666	3	T5
B	41,333	3	T1

Fuente: Elaboración propia.

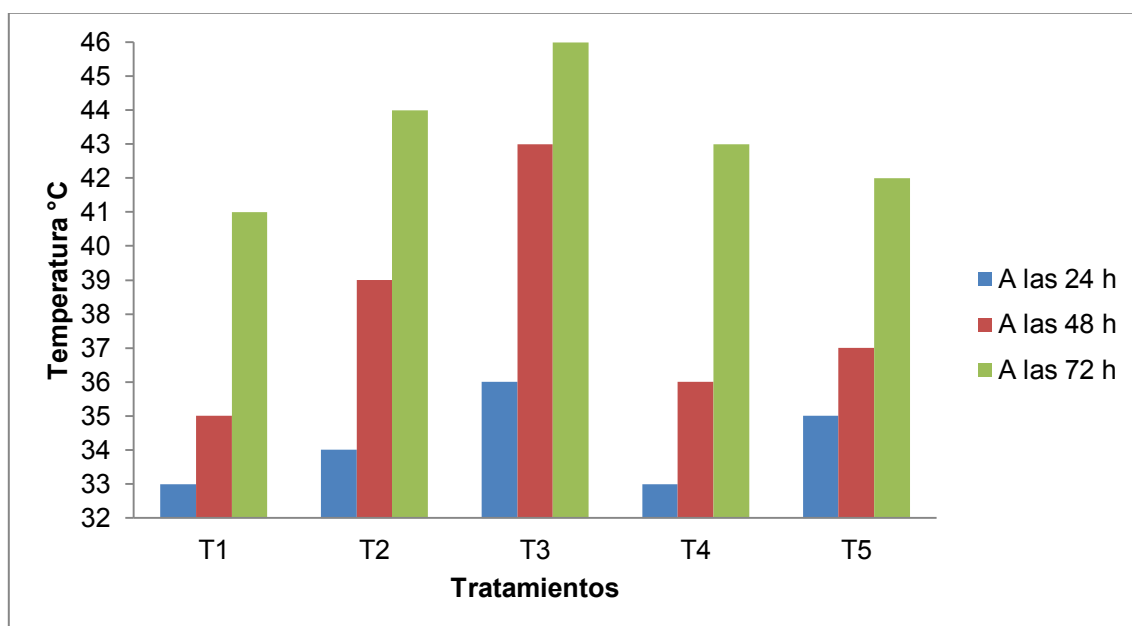
La temperatura tomada a las 24 horas del proceso de fermentación en todos los tratamientos sobrepasa los 30 °C (Gráfico 1), coincidiendo con lo señalado por (Gutiérrez, 2012) quien menciona que el incremento de la temperatura se produce en el transcurso de las primeras 24 horas en más de 10 °C, hasta más de 30 °C en una buena fermentación activa. La acumulación de temperatura comienza lentamente debido a la carente contaminación del material, lo que hace inevitable una mezcla de

los granos con el mucilago fermentado de toda la masa, que al oxigenarse eficazmente, da un resultado positivo en todo el proceso fermentativo; de ahí la exigencia de remover la masa a las 24 horas (Enríquez, 1985).

A las 48 horas del proceso de fermentación, en todos los tratamientos la temperatura se incrementó (Gráfico 1), debido al calor generado por las reacciones exotérmicas, a la actividad microbiana que sucede en el proceso fermentativo (Torres *et al.*, 2004) y a que la pulpa comienza a descomponerse y escurrirse. Durante el segundo día las bacterias se incrementan, se produce ácido láctico y las bacterias acéticas quedan en condiciones levemente más anaeróbicas oxidando aceleradamente el alcohol a ácido acético. (Gutiérrez, 2012). El T3 obtuvo la media más alta con un valor de 43,00 °C, seguido del tratamiento T2 quien obtuvo una media de 38,66 °C, ambos tratamientos se aproximan al valor señalado por (Gutiérrez, 2012) quien menciona que al segundo día de fermentación la temperatura alcanza un valor mayor a 40 °C, como es indudable la aireación en este momento para una buena actividad microbiana. Así mismo el valor del T3 se ubica en el rango mencionado por (Portillo *et al.*, 2011) que va de 42 - 45 °C a las 48 horas del comienzo de la fermentación. El resto de tratamientos se ubican por debajo de los valores antes mencionados.

A las 72 horas del proceso de fermentación, el T3 obtuvo la media más alta con un valor de 45,66 °C, seguido por el T2 y T4 con valores de media de 44 y 42,66 °C respectivamente (Gráfico 1), valores que se aproximan al indicado por (Amores *et al.*, 2009) los cuales mencionan que en el interior del grano muere el embrión cuando la temperatura alcanza 45 °C, señalándose el principio de los cambios bioquímicos que conducirán a la creación de los precursores del aroma y el sabor. Los valores obtenidos también se asemejan a los mencionados por (Torres *et al.*, 2004) quienes señalan que el máximo de temperatura alcanzado fue inferior al rango 44 - 47 °C considerado propicio para la fermentación. En cambio el T5 y T1 obtuvieron los valores de media más bajos con 41,66 y 41,33 °C respectivamente.

Gráfico 1. Variación de la temperatura, durante el proceso de fermentación en los diferentes métodos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2 pH de testa

El análisis de varianza (Cuadro 8), señala que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en el pH de testa tomado al inicio y al final de la fermentación como después del secado en cada uno de tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 8. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del pH de testa, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inicio de Fermentación	Tratamiento	0,098	4	0,024	5,279	0,015
	Error	0,046	10	0,005		
	Total	0,144	14			
Fin de Fermentación	Tratamiento	0,142	4	0,036	12,676	0,001
	Error	0,028	10	0,003		
	Total	0,170	14			
Después del Secado	Tratamiento	0,221	4	0,055	9,009	0,002
	Error	0,061	10	0,006		
	Total	0,282	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 9), indica que el T1 y T4 identificados con la letra A, presentan los valores de media más elevados y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos. Mientras que el T2 y T3 identificados con las letras BA, son estadísticamente iguales pero difieren con los demás tratamientos. En cambio el T5 identificado con la letra B, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 9. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH de testa tomado al inicio de la fermentación, en cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	3,863	3	T1
A	3,826	3	T4
B A	3,783	3	T2
B A	3,716	3	T3
B	3,636	3	T5

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 10), muestra que el T2 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T4 y T3 identificados con letras diferentes, también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio el T1 y T5 identificados con la letra C, presentan los valores de media más bajos y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos.

Cuadro 10. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH de testa tomado al final de la fermentación, en cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	4,963	3	T2
B A	4,873	3	T4
C B	4,816	3	T3
C	4,730	3	T1
C	4,693	3	T5

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 11), indica que el T4, T2 y T3 identificados con la letra A, presentan los valores de media más elevados y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos. Mientras que el T5 identificado con las letras BA, también presenta diferencias estadísticas con los demás tratamientos.



En cambio el T1 identificado con la letra B, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 11. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH de testa tomado después del secado, en cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	5,473	3	T4
A	5,413	3	T2
A	5,383	3	T3
B A	5,283	3	T5
B	5,126	3	T1

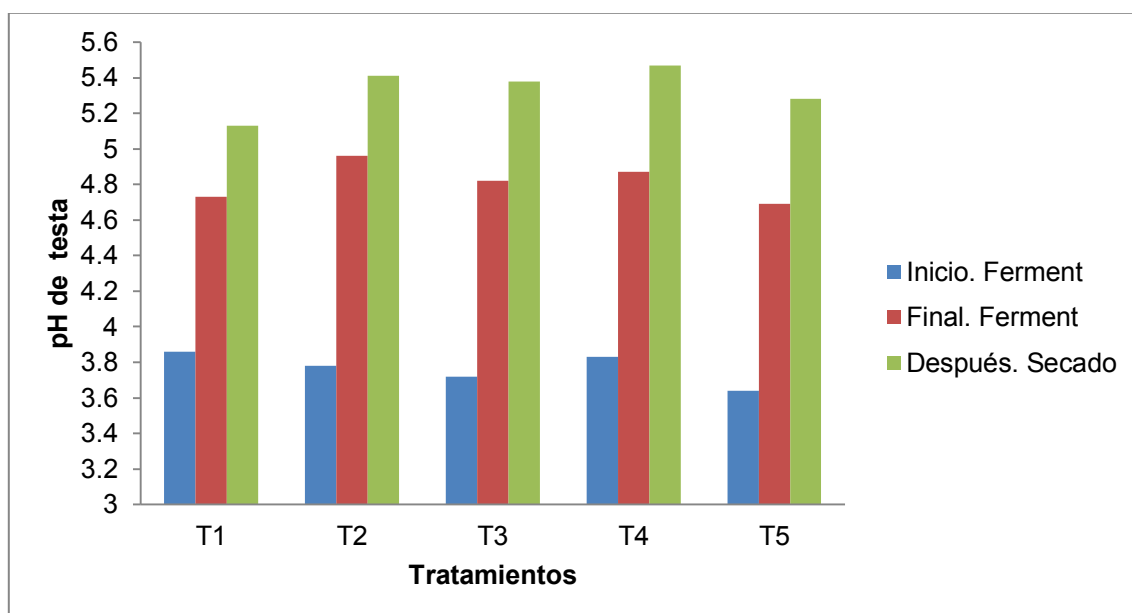
Fuente: Elaboración propia.

Al inicio de la fermentación, el pH de la testa en todos los tratamientos es muy bajo (Gráfico 2), lo cual beneficia el crecimiento de ciertos microorganismos (Portillo *et al.*, 2011). El T1 obtuvo la media más alta con un valor de 3,86 seguido por el T4, T2 y T3 con valores de media de 3,82; 3,78 y 3,71 respectivamente, se aproximan al señalado por (Portillo *et al.*, 2011) los cuales mencionan un valor de 3,80 en los primeros días de fermentación. En cambio el T5 con un valor de media de 3,63 se asemeja al mencionado por (Amores *et al.*, 2009) quienes señalan un valor de 3,54 al comienzo de la fermentación.

Al final de la fermentación, el pH aumentó en todos los tratamientos (Gráfico 2). El T2 obtuvo la media más alta con un valor de 4,96 seguido por el T4 y T3 con valores de media de 4,87 y 4,81 respectivamente, valores que se aproximan al mencionado por (Amores *et al.*, 2009) quienes señalan un pH de 4,93. Mientras que el T1 y T5 con valores de media de 4,73 y 4,69 respectivamente se asemejan al indicado por (Portillo *et al.*, 2011) quienes mencionan un valor de 4,75 al término de la fermentación.

Después del secado, el pH continuó aumentarse progresivamente mientras se reducía su acidez (Gráfico 2), tal como lo indican (Amores *et al.*, 2009). El T3 y T5 con valores de media de 5,38 y 5,28 respectivamente se aproximan al señalado por (Amores *et al.*, 2009) quienes indican un valor de 5,30 al final del secado. Mientras que los demás tratamientos se encuentran lejos de dicho valor.

Gráfico 2. Variación del pH de la testa, durante el proceso de fermentación y al final del secado, en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 pH del cotiledón

El análisis de varianza (Cuadro 12), indica que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en el pH del cotiledón tomado al inicio y final de la fermentación como después del secado en cada uno de los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 12. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del pH del cotiledón, en cada uno de los tratamientos.

Fuente de variación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inicio de Fermentación	Tratamiento	0,073	4	0,018	3,599	0,046
	Error	0,051	10	0,005		
	Total	0,124	14			
Final de Fermentación	Tratamiento	0,188	4	0,047	18,656	0,000
	Error	0,025	10	0,003		
	Total	0,213	14			
Después del Secado	Tratamiento	0,383	4	0,096	29,901	0,000
	Error	0,032	10	0,003		
	Total	0,415	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 13), muestra que el T3 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T5, T1 y T2 identificados con las letras BA, son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos. En cambio el T4 identificado con la letra B, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 13. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH del cotiledón tomado al inicio de la fermentación, en cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	6,750	3	T3
B A	6,733	3	T5
B A	6,676	3	T1
B A	6,636	3	T2
B	6,556	3	T4

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 14), señala que el T3 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T2, T4 y T1 identificados con letras diferentes, también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio el T5 identificado con la letra D, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 14. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH del cotiledón tomado al final de la fermentación, en cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	4,856	3	T3
B A	4,753	3	T2
C B	4,713	3	T4
D C	4,596	3	T1
D	4,543	3	T5

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 15), indica que el T2 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T4 y T3 identificados con letras diferentes, también presentan diferencias estadísticas con los demás tratamientos. En cambio el T5 y T1

identificados con la letra C, presentan los valores de media más bajos y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos.

Cuadro 15. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del pH del cotiledón tomado después del secado, en cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	5,473	3	T2
B	A	5,420	T4
	B	5,286	T3
	C	5,116	T5
	C	5,070	T1

Fuente: Elaboración propia.

Al inicio de la fermentación, el pH del cotiledón en todos los tratamientos es elevado (Gráfico 3). El T1, T2 y T4 con valores de media de 6,67; 6,63 y 6,55 respectivamente, se asemejan al mencionado por (Portillo *et al.*, 2011) quienes indican un pH de 6,60 al comienzo de la fermentación. En cambio el T3 y T5 obtuvieron medias con valores de 6,75 y 6,73 respectivamente.

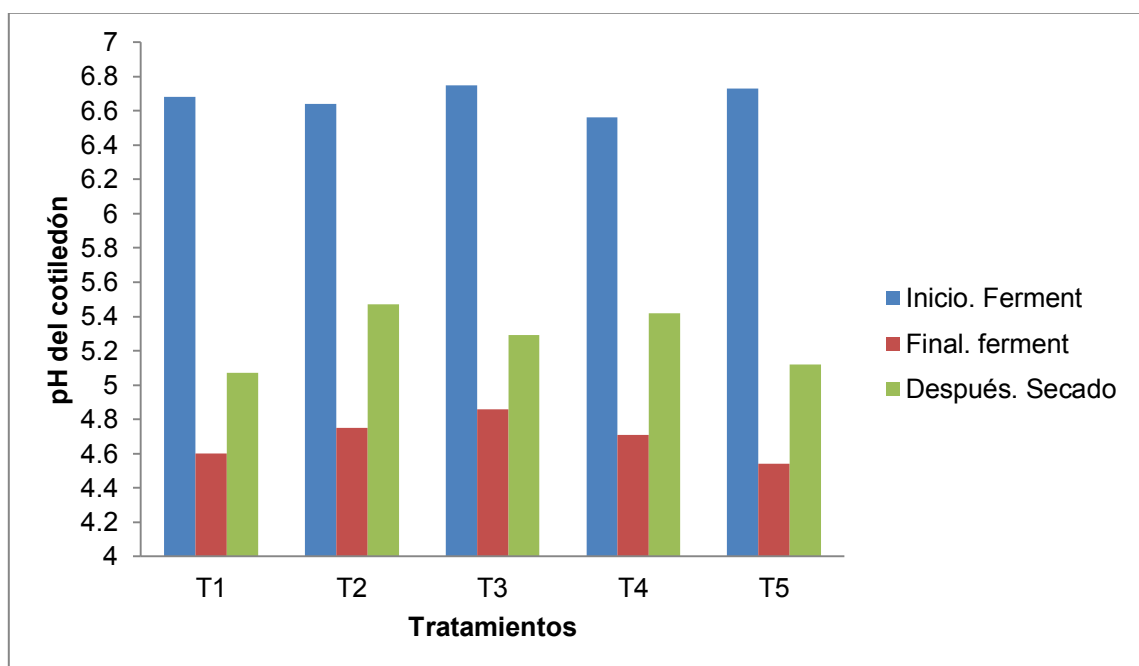
Al final de la fermentación, el pH descendió en todos los tratamientos (Gráfico 3), debido a que la testa es permeable al ácido acético, este ingresa al embrión y disminuye el pH (Sánchez, 2007), similar a lo que mencionan (Portillo *et al.*, 2011) que el incremento de la acidez está vinculado a los ácidos acéticos y lácticos producidos durante la degradación de la pulpa por el accionar microbiano. El T3 y T2 obtuvieron los valores de media más elevados con 4,85 y 4,75 respectivamente. (Vera *et al.*, 2014) mencionan que valores menores a 5 es señal de una fermentación deficiente, contradictorio a lo mencionado por (Sánchez, 2007) quien indica registros de pH hasta 4,8 sin encontrar desperfectos en la fermentación.

Después del secado, hay un incremento del pH en todos los tratamientos (Gráfico 3), debido a la pérdida por evapotranspiración de los ácidos volátiles presentes en el cotiledón y a las transformaciones bioquímicas que ocurren en su interior (Reyes *et al.*, 2000). El T2, T4, T3 y T5 presentan valores de medias de 5,47; 5,42; 5,28; 5,11 respectivamente, ubicándose dentro del rango mencionado por (Sánchez, 2007) quien señala que el pH óptimo para un cacao de calidad debe ser de 5,1 a 5,4; ya que un pH menor a 5 señala existencia de ácidos no volátiles que otorgan al producto aromas desagradables lo cual coincide con (González *et al.*, 2014). El T1 presenta el valor de media más bajo con 5,07.

Un nivel elevado de pH en los cotiledones es un índice de una sobrefermentación de la masa, la cual encamina a la creación de ácidos carboxílicos y amina biogénicas por descarboxilación enzimática de los correspondientes aminoácidos (Álvarez *et al.*, 2010).

Los resultados coinciden con (Amores *et al.*, 2009) quienes indican que el pH del cotiledón disminuye hasta el término de la fermentación y se incrementa después del secado.

Gráfico 3. Variación de pH del cotiledón, durante el proceso de fermentación y al final del secado, en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Índice de grano

El análisis de varianza (Cuadro 16), muestra que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en el índice de grano en cada uno de los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 16. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del índice de grano, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	0,016	4	0,004	7,816	0,004
Error	0,005	10	0,001		
Total	0,021	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Cuadro 17), indica que el T2, T4 y T3 identificados con la letra A, presentan los valores de media más elevados y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos. Mientras que el T1 identificado con las letras BA, también difiere estadísticamente con el resto de tratamientos. En cambio el T5 identificado con la letra B, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 17. Prueba de tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para comparación de medias del índice de grano, de cada uno de los tratamientos.

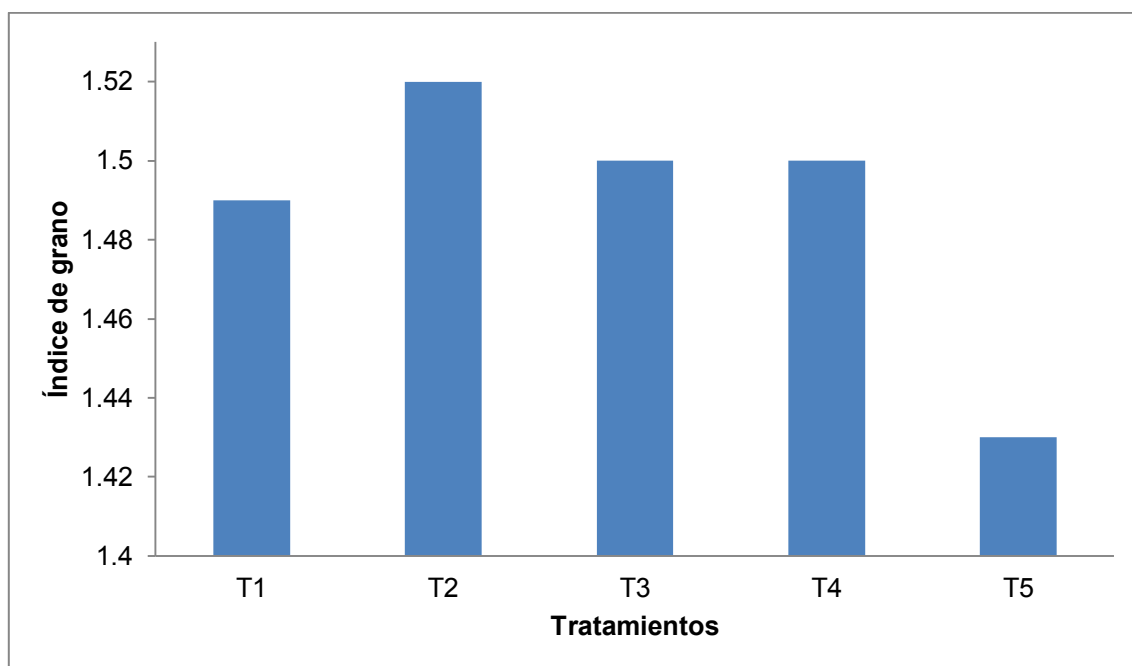
Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	1,524	3	T2
A	1,503	3	T4
A	1,495	3	T3
B A	1,486	3	T1
B	1,426	3	T5

Fuente: Elaboración propia.

El valor de media más alto lo obtuvo el T2 con 1,52 g y el valor de media más bajo el T5 con 1,42 g (Gráfico 4), aunque todos los tratamientos obtuvieron un valor superior al mencionado por (Ruíz *et al.*, 2014) quienes indican que el índice de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1,26 g. (Jiménez *et al.*, 2011) mencionan que se considera aceptable un índice de grano mayor a 1,2 g. Mientras que (Sánchez *et al.*, 2014) señalan que un índice de grano superior a 1,0 g es admisible desde el punto de vista filogenético e industrial. Los resultados obtenidos superan los pesos establecidos en las normas INEN 176 (2006) las cuales establecen un rango de 1,35 a 1,40 g para la categoría A.S.S.P.S (Arriba Superior Summer Plantación Selecta); 1,30 a 1,35 g para la categoría A.S.S.S (Arriba Superior Summer Selecto); 1,20 a 1,25 g para la categoría A.S.S (Arriba Superior Selecto); 1,10 a 1,15 g para la categoría A.S.N (Arriba Superior Navidad) y 1,05 a 1,10 g para la categoría A.S.E (Arriba Superior Época). Pero se

enmarcan en el rango mencionado por (Vera *et al.*, 2014) quienes mencionan que el índice varía entre 0,76 a 1,89 g.

Gráfico 4. Variación del índice de grano, obtenido en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Porcentaje de testa

El análisis de varianza (Cuadro 18), señala que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en el porcentaje de testa en cada uno de los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 18. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de testa, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	15,963	4	3,991	50,729	0,000
Error	0,787	10	0,079		
Total	16,749	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (Cuadro 19), muestra que el T2 y T4 identificados con la letra A, presentan los valores de media más elevados y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos. Mientras que el T3 identificado con la letra B, presenta diferencias estadísticas con el resto de tratamientos. En cambio el T1 y T5

identificados con la letra C, presentan los valores de media más bajos y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos.

Cuadro 19. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de testa, de cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	15,033	3	T2
A	14,900	3	T4
B	14,033	3	T3
C	12,966	3	T1
C	12,433	3	T5

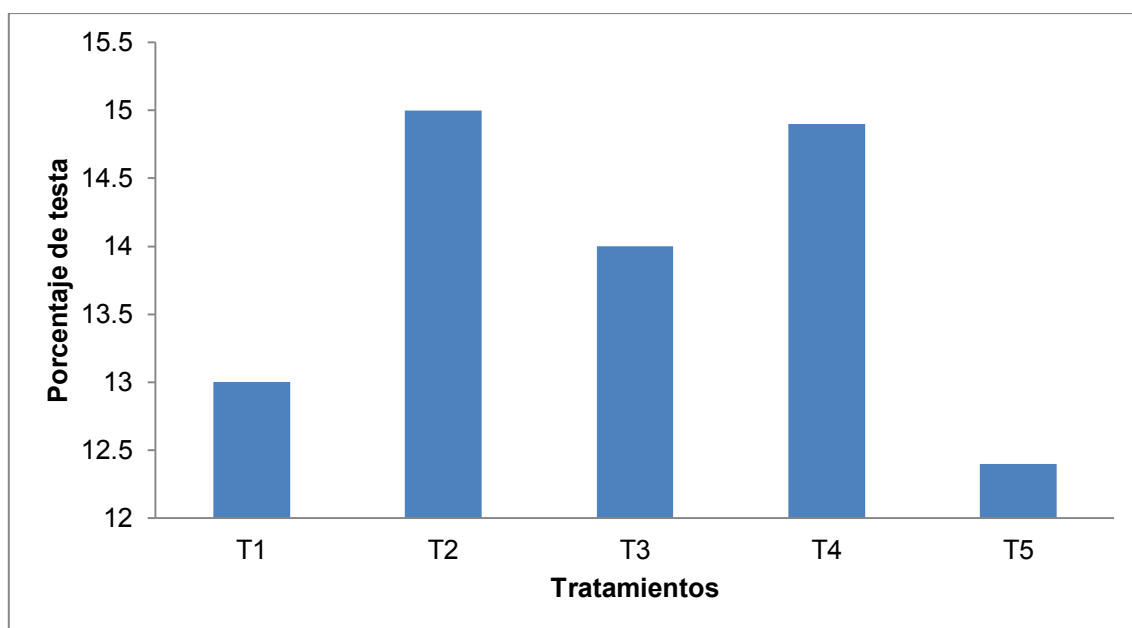
Fuente: Elaboración propia.

Todos los tratamientos obtuvieron un valor superior (Gráfico 5) al mencionado por (Ruíz *et al.*, 2014) quienes indican que se admite hasta el 12% de testa a nivel de exportaciones y según (Amores *et al.*, 2009) un valor alto de testa puede simbolizar una tolerante desventaja en el comercio ya que significa que los granos poseen menor rendimiento de nibs al retirar la cascarilla. Pero este inconveniente es considerablemente retribuido por ventajas comparativas como el índice de grano, alto en comparación con muchos orígenes internacionales

Los resultados obtenidos en el T4, T3 y T1 con valores de media de 14,9; 14,03 y 12,96 % en su orden, son similares a los mencionados por (Jiménez *et al.*, 2011) quienes indican que algunas muestras tomadas en diferentes provincias del país (Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Guayas) dieron como resultado promedios de 13,4; 13,8; 14,1 y 14,5 % respectivamente. Los valores obtenidos en esta investigación se enmarcan en el rango mencionado por (Amores *et al.*, 2009) quienes indican que el porcentaje de testa suele variar de 6 al 16 %. Con respecto a la norma INEN 176 (2006) esta no establece un porcentaje de testa requerido.



Gráfico 5. Variación del porcentaje de testa, obtenido en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6 Porcentaje de fermentación (prueba de corte)

##### 4.6.1 Fermentación buena, media y total

El análisis de varianza (Cuadro 20), señala que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en la fermentación buena, media y total en cada uno de los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 20. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de fermentación buena, media y total, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fermentación Buena Tratamiento	1971,733	4	492,933	82,156	0,000
Error	60,000	10	6,000		
Total	2031,733	14			
Fermentación Media Tratamiento	246,667	4	61,667	37,000	0,000
Error	16,667	10	1,667		
Total	263,333	14			
Fermentación Total Tratamiento	901,067	4	225,267	47,592	0,000
Error	47,333	10	4,733		
Total	948,400	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 21), muestra que el T2 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. El T4 identificado con la letra B, presenta diferencias estadísticas con los demás tratamientos. Mientras que el T3 y T1 identificados con la letra C, son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos. En cambio el T5 identificado con la letra D, presenta el valor de media más bajo difiriendo estadísticamente con el resto de tratamientos.

Cuadro 21. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de fermentación buena, de cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	91,667	3	T2
B	83,000	3	T4
C	74,333	3	T3
C	71,000	3	T1
D	57,667	3	T5

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 22), indica que el T5 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T3, T1 y T4 identificados con letras diferentes, también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio el T2 identificado con la letra D, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 22. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de fermentación ligera, de cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	15,666	3	T5
B	A	3	T3
	B	3	T1
C	8,000	3	T4
D	4,333	3	T2

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 23), señala que el T2 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T4, T3 y T1 identificados con letras diferentes, también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio el T5 identificado con la letra D, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 23. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje total de fermentación, de cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	96,000	3	T2
B	91,000	3	T4
C	88,000	3	T3
C	82,666	3	T1
D	73,333	3	T5

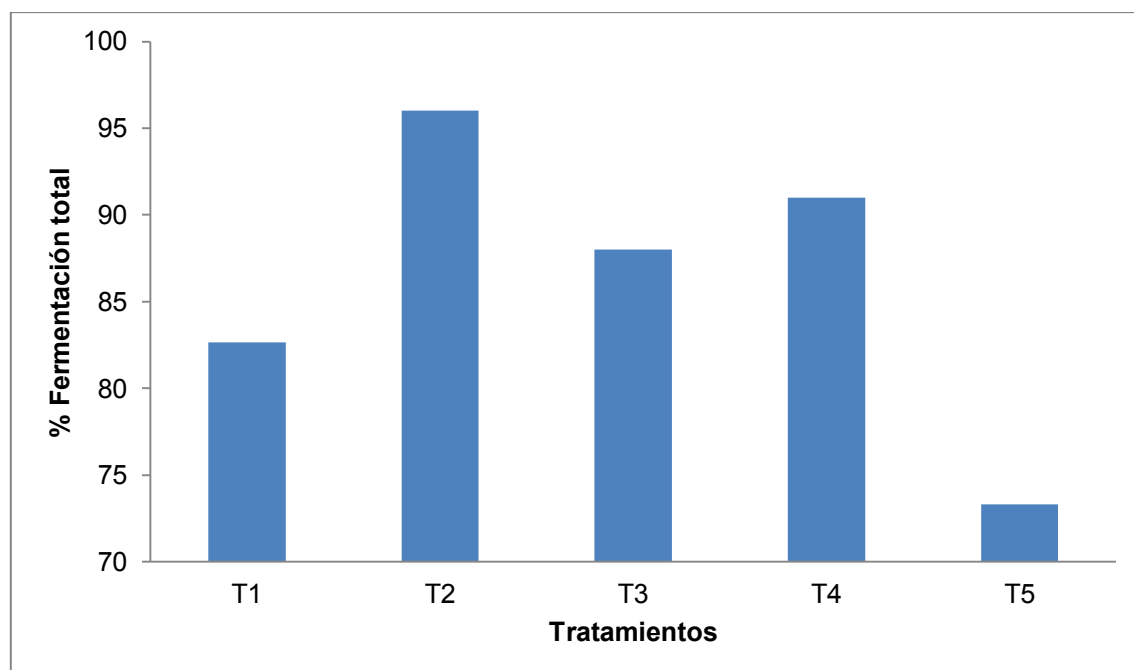
Fuente: Elaboración propia.

El T2, T4, T3 y T1 obtuvieron un valor de media de 96,00; 91,00; 88,00 y 82,66 % respectivamente (Gráfico 6), sobrepasando el valor mencionado por (Gutiérrez, 2012; Ruíz *et al.*, 2014) quienes indican que un mínimo de 75 % de almendras fermentadas, debe existir para que las fábricas procesadoras de chocolate se beneficien del sabor a cacao. El T5 alcanzó un valor de media de 73,33 % siendo mayor al mencionado por (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009; González *et al.*, 2014) quienes señalan que el porcentaje óptimo de fermentación debe ser mayor o igual 60 %. Con respecto a las normas INEN 176 (2006) el T2, T4 y T3, superan el porcentaje establecido en la categoría A.S.S.P.S (Arriba Superior Summer Plantación Selecta) el cual es de 85 % para fermentación total. Mientras que el T1 se ubica dentro de la categoría A.S.S.S (Arriba Superior Summer Selecto) la cual establece un mínimo de 75 % para fermentación total. En cambio el T5 se ubica dentro de la categoría A.S.S (Arriba Superior Selecto) la cual indica un mínimo de 65 % para fermentación total.

El valor de media más alto lo obtuvo el T2, debido a que su sistema de rotación permite conseguir la mezcla homogénea de la masa, con un simple movimiento de palanca, de esta manera se facilitan los volteos de las almendras y no se pierde temperatura por tener que sacar la masa en fermentación (Enríquez, 1985). Al remover la masa fermentante se aumenta la aireación, lo que regula la acidez del producto y la velocidad del proceso, ya que el crecimiento de la temperatura y de la acidez depende de la aireación de la masa en fermentación. También, la remoción

evita el amontonamiento de las almendras y el desarrollo de hongos en la superficie y esquinas de los fermentadores (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009). Así mismo (Pinzón *et al.*, 2004) menciona que la remoción permite la liberación del dióxido de carbono originado en el proceso y que su sitio sea ocupado por aire rico en oxígeno que garantice el proceso de oxidación. (Álvarez *et al.*, 2010) indican la importancia que simboliza la remoción de la masa de cacao sobre la calidad final del chocolate y han recomendado que se debe realizar cada veinticuatro horas. En el T4, al momento de realizar los volteos se pierde temperatura ya que se debe sacar la masa fermentante, además la remoción no es homogénea. En el caso del T3, se obtiene una alta temperatura posiblemente por la variabilidad en el grado de aireación, debida a la compactación irregular (Enríquez, 1985), por lo que su fermentación no es homogénea y el drenaje de los exudados es deficiente. En cambio el T1 y T5 obtuvieron los valores de media más bajos, debido a que presentan condiciones inapropiadas para el drenaje de líquidos y la remoción de la masa, generando una fermentación incompleta. En el proceso fermentativo, las almendras adquieren una coloración marrón, que distingue entre los tipos, la cual es provocada por la hidrólisis de las antocianinas y la posterior oxidación de las agliconas resultantes a compuestos quinónicos, los cuales colaboran al color marrón propio de una cacao fermentado (Álvarez *et al.*, 2010).

Gráfico 6. Variación del porcentaje de fermentación total, obtenido en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.2 Almendras violetas

El análisis de varianza (Cuadro 24), indica que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en el porcentaje de almendras violetas en cada uno de los tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 24. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de almendras violetas, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	280,400	4	70,100	43,813	0,000
Error	16,000	10	1,600		
Total	296,400	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 25), señala que el T5 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T1, T3 y T4 identificados con letras diferentes, también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio el T2 identificado con la letra D, presenta el valor de media más bajo y difiere estadísticamente con los demás tratamientos.

Cuadro 25. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de almendras violetas, de cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	15,000	3	T5
B	10,333	3	T1
C B	8,000	3	T3
D C	5,333	3	T4
D	2,333	3	T2

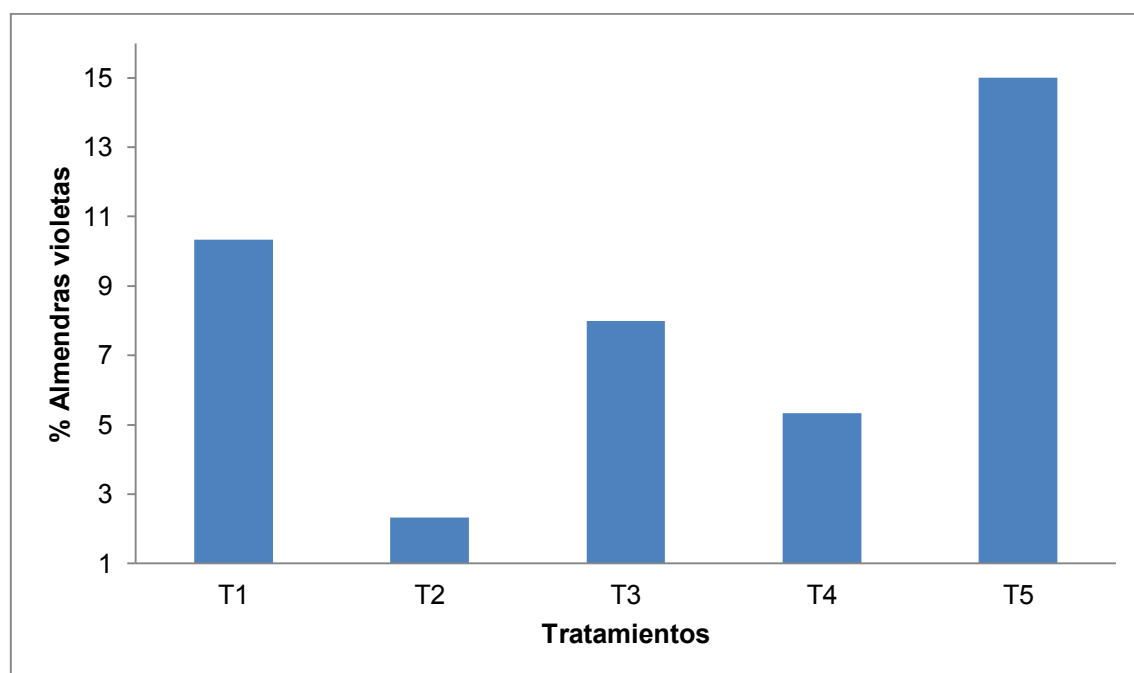
Fuente: Elaboración propia.

El valor de media más alto lo obtuvo el T5 con un valor de 15,00 %; seguido por el T1 con un valor de 10,33 %; mientras que el valor de media más bajo lo obtuvo el T2 con un valor de 2,33 % (Gráfico 7). Según (Álvarez *et al.*, 2010) las desigualdades observadas en los índices físicos son atribuidas a la recolecta de frutos inmaduros que dan origen a un alto porcentaje de almendras violetas y posiblemente por diferencias

en el procesamiento de las mismas. En esta investigación se utilizó mazorcas que han alcanzado la madurez organoléptica y dos tratamientos en especial obtuvieron un alto porcentaje de almendras violetas, lo que nos da un indicio que el método de fermentación también influye en esta variable, ya que al no realizar una correcta aireación se producirá una fermentación incompleta, coincidiendo con lo que señalan (Jiménez *et al.*, 2011) quienes indican que la coloración violeta intensa es como resultado de una muy limitada fermentación, lo que evitó la liberación y oxidación de los polifenoles.

Con respecto a la norma INEN (2006), establece un rango del 10 al 25 % de almendras violetas para cacao Nacional. Ubicándose el T2, T4 y T3 por debajo de este rango con valores de 2,33; 5,33 y 8,00 % respectivamente. Mientras que el T1 y T5 se ubican dentro del rango con valores de 10,33 y 15,00 % respectivamente.

Gráfico 7. Variación del porcentaje de almendras violetas, obtenido en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.3 Almendras pizarras

El análisis de varianza (Cuadro 26), indica que al obtener una significancia menor a 0,05; sí existe diferencia estadística en el porcentaje de almendras pizarras en cada uno de tratamientos, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Cuadro 26. ANOVA de una vía realizado para determinar la significancia del porcentaje de almendras pizarras, en los diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	181,600	4	45,400	32,429	0,260
Error	14,000	10	1,499		
Total	195,600	14			

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ( $\alpha= 0,05$ ) (Cuadro 27), señala que el T5 identificado con la letra A, presenta el valor de media más elevado y difiere estadísticamente con los demás tratamientos. Mientras que el T1 y T3 identificados con letras diferentes, también difieren estadísticamente con los demás tratamientos. En cambio el T4 y T2 identificados con la letra C, presentan los valores de media más bajos y son estadísticamente iguales, pero difieren con los demás tratamientos.

Cuadro 27. Prueba de tukey ( $\alpha= 0,05$ ) para comparación de medias del porcentaje de almendras pizarras, de cada uno de los tratamientos.

Agrupamiento	Media	N	Tratamiento
A	11,666	3	T5
B	7,000	3	T1
C B	4,000	3	T3
C	3,666	3	T4
C	1,666	3	T2

Fuente: Elaboración propia.

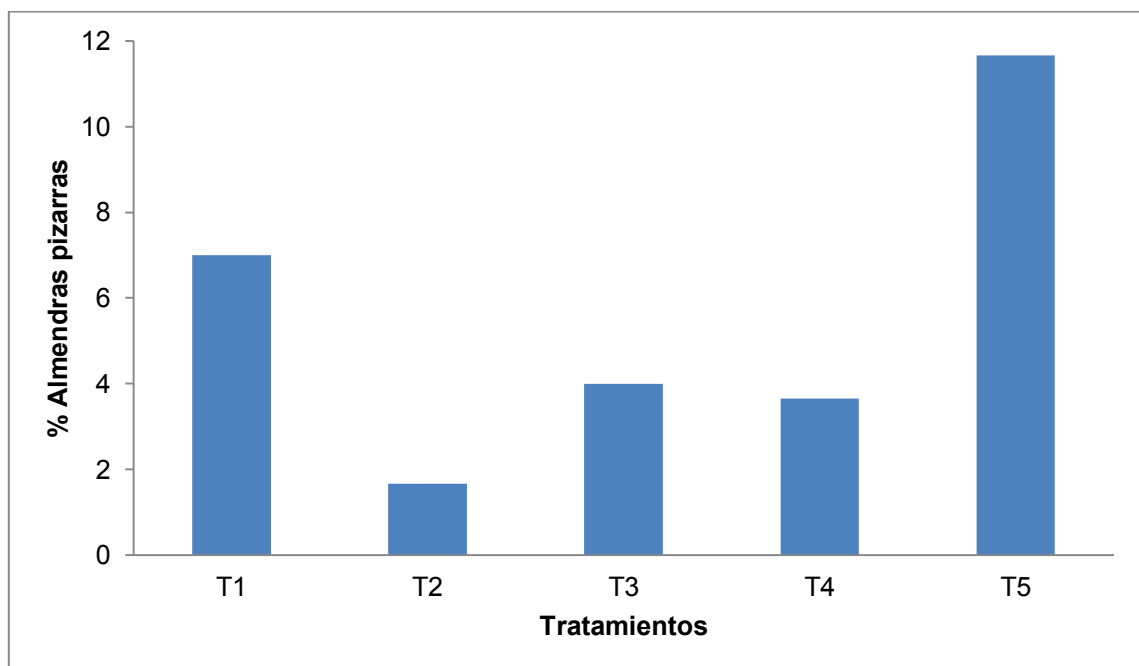
El valor de media más alto lo obtuvo el T5 con un valor de 11,66 %; mientras que el valor de media más bajo lo obtuvo el T2 con un valor de 1,66 % (Gráfico 8). (Amores *et al.*, 2009) mencionan que las almendras pizarras se producen cuando el tiempo de fermentación es muy corto. Contradictorio a los resultados encontrados ya que tendríamos un mayor porcentaje de almendras pizarras y en todos los tratamientos.

Posiblemente esto se deba a la sobrefermentación localizada generada por la deficiente remoción, lo cual coincide con (Rivera *et al.*, 2012) al señalar que el tiempo de fermentación no contribuye a la formación de granos pizarrosos y atribuye a factores como la madurez de la mazorca, fermentación defectuosa y la falta de volteos.

Con respecto a la norma INEN (2006), establece un rango del 4 al 18 % de almendras pizarras para cacao Nacional. Ubicándose el T2 y T4 por debajo de este rango, con valores de 1,66; y 3,66 % respectivamente. Mientras que el T3, T1 y T5 se ubican dentro del rango con valores de 4,00; 7,00 y 11,66 % respectivamente.

En esta investigación no se obtuvo almendras infestadas ni mohosas, debido a la cosecha de frutos sanos y un adecuado manejo postcosecha.

Gráfico 8. Variación del porcentaje de almendras pizarras, obtenido en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.



#### 4.7 Calidad del licor de cacao (catadores)

El análisis sensorial del licor de cacao en cada uno de los tratamientos, muestra las calificaciones obtenidas en los diferentes sabores específicos y básicos (Anexo 1).

El sabor cacao presenta mayor intensidad en todos los tratamientos (Gráfico 9), con respecto a los demás sabores específicos y la calificación más alta la obtuvo el T2 con un valor de 5,0; sobrepasando a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 2,89 a 4,03; pero se asemejan a los resultados obtenidos en los demás tratamientos (Anexo 1). Excepto el T5 que obtuvo un valor de 2,5; ubicándose por debajo de este rango.

En el sabor floral, primordial característica del cacao fino de aroma o “sabor arriba” (Vera *et al.*, 2014), sobresalió el T2 con una calificación de 2,0; seguido del T4 con un valor de 1,5 y luego el T3 y T5 con un valor de 1,0 respectivamente (Gráfico 9). Estos valores se aproximan a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 0,22 a 2,36. Excepto el T1 que obtuvo un valor de 0,0; ubicándose por debajo de este rango. (Portillo *et al.*, 2009) mencionan que la fracción volátil global de los granos bien fermentados y secos, es diez veces superior y más importante, que en los granos no fermentados y secos. Como es el caso del linalol perteneciente a la familia de los terpenos que se asocia al sabor floral.

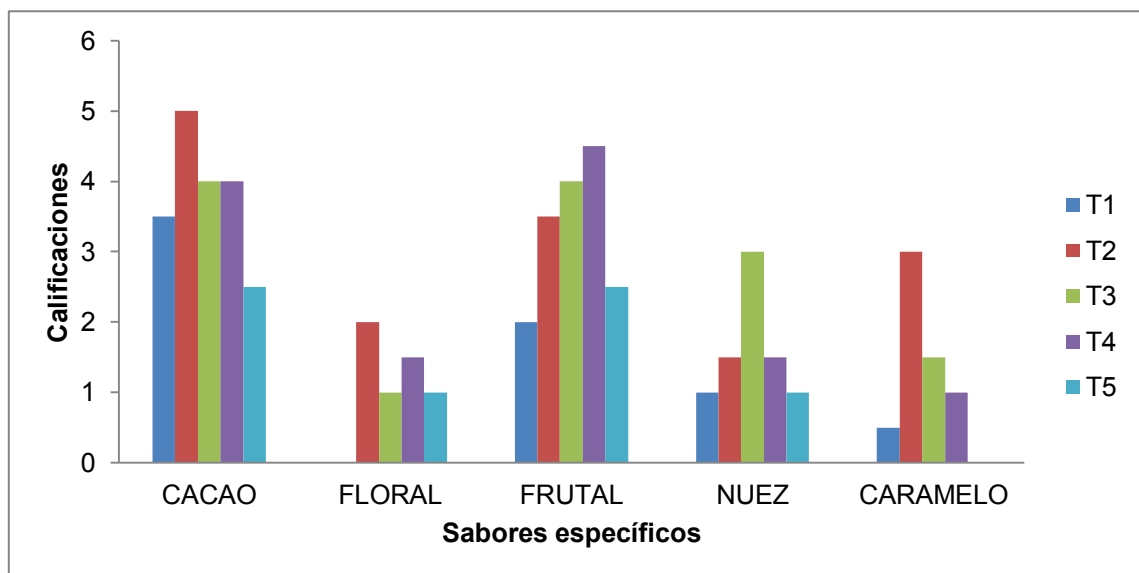
En el sabor frutal, sobresalió el T4 y T3 con una calificación de 4,5 y 4,0 respectivamente (Gráfico 9), estos valores sobrepasan a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 2,83 a 3,94; pero se asemejan al resultado obtenido en el T2 el cual es de 3,5. Mientras que el T1 y T5 obtuvieron un valor de 2,0 y 2,5 respectivamente, ubicándose por debajo de este rango. Esta característica en cacao tipo Nacional podría estar vinculado al medio ambiente e higroscopia de la almendra cerca de árboles frutales, a esto se suma el manejo postcosecha (Vera *et al.*, 2014) y también está relacionado con los ésteres según lo indica (Portillo *et al.*, 2014).

En el sabor nuez, sobresalió el T3 con una calificación de 3,0 (Gráfico 9); este valor sobrepasa a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 0,83 a 2,78; pero se asemejan a los resultados obtenidos en los demás tratamientos (Anexo 1). El complejo polipéptidos - fenoles y pirazinas participan en esta nota sensorial (Portillo *et al.*, 2014).

En el sabor caramelo, sobresalió el T2 con una calificación de 3,0 (Gráfico 9); este valor sobrepasa a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 0,61 a 1,78; pero se asemejan a los resultados obtenidos en el T3 y T4 los cuales son 1,5 y 1,0 respectivamente. Mientras que el T1 y T5, obtuvieron un valor de 0,5 y 0,0 respectivamente, ubicándose por debajo de este rango.

El T2, obtuvo las calificaciones más altas en cuanto a los sabores específicos (Gráfico 9), por lo que las diferencias en la calidad de la fermentación podrían explicar los probables vínculos entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez. Las muestras mejor fermentadas no solo desarrollan una manifestación más fuerte del sabor a cacao sino también notas sensoriales aromáticas características de los cacaos finos o de aroma, cuando estas son partes integrales de su base genética (Vera *et al.*, 2014). Algo similar mencionan (Ventura *et al.*, 2014; Ramos *et al.*, 2013) quienes señalan que gran parte de las características organolépticas del cacao están determinadas por el proceso fermentativo de las almendras, ya que se ha encontrado que los aromas y sabores específicos del cacao, son originados por transformaciones enzimáticas durante el beneficio postcosecha de las almendras.

Gráfico 9. Variación de las calificaciones obtenidas en los sabores específicos, en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

En el sabor amargo, sobresalió el T5 y T3 con una calificación de 5,0 y 4,5 respectivamente (Gráfico 10), estos valores sobrepasan a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 2,61 a 4,28; pero se asemejan a los resultados obtenidos en los demás tratamientos (Anexo 1). Según mencionan (Reyes *et al.*, 2000) esta nota sensorial está relacionada con la theobromina y cafeína.

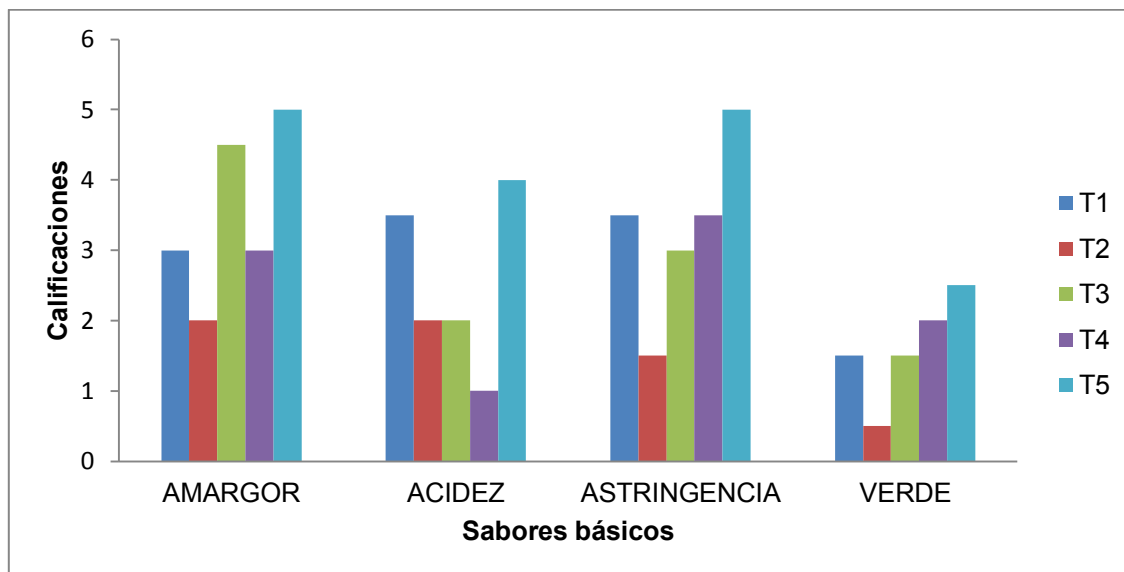
En el sabor ácido, las calificaciones (Anexo 1) se asemejan a los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) los cuales se ubican en un rango de 1,83 a 4,36. Excepto el T4 que obtuvo un valor de 1,0; ubicándose por debajo de este rango. Los ácidos volátiles y no volátiles participan en esta nota sensorial (Quintana *et al.*, 2014).

Para el sabor astringente, sobresalió el T5 con una calificación de 5,0 (Gráfico 10); valor bastante elevado comparado para los encontrados por (Ruíz *et al.*, 2014) que se ubican en un rango de 1,39 a 3,61, pero semejantes a los valores obtenidos en los demás tratamientos (Anexo 1). Según indican (Reyes *et al.*, 2000) este sabor está relacionado con las antocianinas y epitecatequinas.

En el sabor verde, el valor más alto lo obtuvo el T5 con una calificación de 2,5; mientras que el valor más bajo lo obtuvo el T2 con un valor de 0,5 (Gráfico 10). Según mencionan (Jiménez *et al.*, 2011) el sabor verde es producido por la existencia de almendras violetas que no han terminado su fermentación o su proceso de secado no fue el correcto.

El T5 obtuvo las calificaciones más altas en cuanto a los sabores básicos (Gráfico 10), debido a que una limitada fermentación beneficia la expresión de niveles más fuertes de astringencia y amargor en el perfil sensorial (Ruíz *et al.*, 2014). Las correlaciones negativas del sabor a cacao con el amargor, acidez y astringencia son resultado de la deficiente calidad de la fermentación que impulsa la expresión de estos últimos, disminuyendo la expresión del sabor a cacao y de otros aromas de interés, en mayor o menor magnitud (Vera *et al.*, 2014). Diferencias en los promedios de fermentación con certeza intervienen en la calidad de su expresión organoléptica. La evidencia sobre el efecto que ejerce la fermentación deficiente en los granos sobre los rasgos sensoriales es amplia (Solórzano *et al.*, 2015).

Gráfico 10. Variación de las calificaciones obtenidas en los sabores básicos en cada uno de los tratamientos.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.8 Análisis económico

El T2 presenta el mayor costo con 250 USD, seguido del T4 con 80 USD y el T3 con 0 USD (Cuadro 28). El mayor ingreso lo obtuvo el T2 con 277,20 USD, debido a la buena calidad que presentan las almendras, pagándose el 100 % del costo en la primera fermentada. Seguido del T4 con 258,61 USD, pagándose el 100 % del costo en la primera fermentada, mientras que el T3 alcanzó 248,63 USD.

Comparando el ingreso del T2 con el T4, obtenemos un ingreso marginal de 18,59 USD y si comparamos el ingreso del T2 con el T3, tendremos un ingreso marginal de 28,57 USD. Ingresos extras que el agricultor estaría perdiendo por no invertir 170 USD más en el primer caso y 250 USD en el segundo caso. El ingreso obtenido en el T2, justifica plenamente la inversión. Teniendo en cuenta que el ingreso se multiplica y la vida útil del rotor de madera está considerada en 10 años.

Con el T1 y T5, se obtienen bajos ingresos, debido a la deficiente calidad que presentan las almendras, perjudicando de esta manera la inocuidad y el prestigio del cacao ecuatoriano.

El rotor de madera presenta un amplio beneficio, no sólo obteniendo mayores ingresos económicos, también haciendo mucho más versátil la remoción de las almendras y permitiéndonos obtener materia prima de alta inocuidad, que garantizará la producción de derivados seguros para el consumo humano y libre de Ocratoxinas, a las cuales se

le atribuye las causas de patología cancerígena, recuperando de esta forma el prestigio de alta calidad, para la exportación de nuestro cacao a los mercados internacionales más exigentes.

Cuadro 28. Comparación de costo y beneficio del método rotor de madera, con los demás métodos usados tradicionalmente por el agricultor.

Tratamientos	Costo (USD)	Cantidad	Inversión total (USD)	Cantidad cacao fresco (Kg)	Cantidad cacao seco (Kg)	% Fermentación total	Precio cacao seco Kg (USD)	Total ingresos (USD)
T2	250	1	250	140	84	96,00	3,30	277,20
T4	80	1	80	140	82,89	91,00	3,12	258,61
T3	0	0	0	140	82,33	88,00	3,02	248,63
T1	1	4	4	140	81,78	82,66	2,84	234,75
T5	2	7	14	140	78,47	73,33	2,52	197.74

Fuente: Elaboración propia.

## 5 CONCLUSIONES

- En el método de fermentación rotor de madera se obtuvo un 96,00 % de granos fermentados, demostrándose un incremento del 5 al 22,67 % con respecto a los demás tratamientos. Al haberse comparado los promedios de índice de grano se logró establecer que al mayor porcentaje de almendras fermentadas, el índice de grano fue elevado. Lo que se correlaciona con el mayor porcentaje de testa obtenido en las almendras, evidenciando la eficiencia del rotor de madera para obtener el mayor porcentaje de fermentación e índice de grano.
- La calidad organoléptica del licor de cacao se vio afectada por el método de fermentación, desarrollando más intensidad aromática del sabor cacao, floral, frutal y nuez, en el rotor de madera. Mientras que el resto de tratamientos se muestran afectados por la presencia pronunciada del sabor amargo y astringente.
- Los métodos de fermentación, rotor de madera, caja de madera y montón con un 96,00; 91,00 y 88,00 % respectivamente. Superaron el máximo porcentaje de fermentación total establecido en la norma INEN 176, el cual es de 85 %. Teniendo en cuenta que se recolectaron mazorcas sanas y maduras.
- El rotor de madera presenta un costo de 250 USD, inversión plenamente justificada, permitiéndonos obtener un aumento del 6,70 al 28,66 % de ingresos económicos, con respecto a los demás tratamientos. También logramos un producto de alta inocuidad alimenticia y nos facilita la remoción de las almendras.

## 6 RECOMENDACIONES

- Implementar el rotor de madera como método de fermentación, para obtener la mejor calidad de las almendras y licor de cacao.
- Realizar la cosecha de mazorcas completamente sanas y que han alcanzado la madurez organoléptica.
- Realizar las debidas remociones a las 24, 48 y 72 horas, durante la fermentación.
- Mantener la asepsia del lugar y de los distintos fermentadores, para evitar la presencia de hongos e insectos que puedan alterar la fermentación.
- Descartar los métodos de fermentación en balde plástico y saco de yute (cuando no existe remoción adecuada), porque perjudican la calidad del cacao.
- Se sugiere tener en cuenta el porcentaje de humedad de las almendras de cacao, que no sobrepase el 8 %.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez et al. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 76-87.
- Amores et al. (2009). *Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor Oriente de la provincia de Esmeraldas*. INIAP. Quevedo: Boletín técnico N° 135.
- Ayestas et al. (2014). Puntos críticos del manejo poscosecha de cacao en Waslala, Nicaragua. *La Calera*, 14(22), 5-12.
- Caballero et al. (2016). Influencia del tipo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las características del secado y fermentado. *Agroproductividad*, 9(1), 48-54.
- Contreras et al. (2004). Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumbote, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 54(2).
- Dostert et al. (2012). *Hoja botánica: Cacao*. Lima.
- Enríquez, G. (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao*. Turrialba, Costa Rica.
- González et al. (2014). Evaluación de diferentes tipos de fermentadores y frecuencia de remoción en la calidad del grano de *Theobroma cacao* L. *Hombre, ciencia y tecnología*, 18(4), 36-45.
- Gutiérrez, M. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 914-918.
- INEN. (2006). *Cacao en grano. Requisitos. Norma 176*. Quito.
- INTA. (2010). *Guía tecnológica del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)*. Managua.
- Jiménez et al. (2011). *Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao*. INIAP, Quevedo.
- Liendo, R. (2015). Efecto del volteo sobre los perfiles sensoriales del cacao fermentado. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 32(1), 41 - 62.



- Nogales et al. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano del cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Tropical*, 5-20.
- Ortiz de Bertorelli et al. (2009). Influencia de varios factores sobre índices físicos del grano de cacao en fermentación. *Agronomía tropical*, 81-88.
- Párraga Vera, C. L. (2015). *Calidad física y organoléptica de almendras de cacao (Theobroma cacao L.). Mediante métodos de fermentación y estaciones climáticas, Fortaleza del Valle*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Felix López, Calceta.
- Pinzón et al. (2004). *Caracterización fisicoquímica y beneficio del grano de cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia*. Bogotá: Produmedios.
- Portillo et al. (2011). Influencia de las condiciones del tratamiento poscosecha sobre la temperatura y acidez en granos de cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 646-660.
- Portillo et al. (2014). Efecto del año y tiempo de fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana. *Fac. Agron. (LUZ)*, 699-711.
- Portillo et al. (2009). Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *UDO Agrícola*, 9(2), 458 - 468.
- Portillo et al. (2014). Características sensoriales del cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) de Venezuela en función del tratamiento poscosecha. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*., 742 - 755.
- Quintana et al. (2014). Las TIC's y su aporte para la determinación de la calidad sensorial del cacao (*Theobroma cacao L.*) producido en San Vicente de Chucuri, Santander. *Alimentos hoy*, 22(31), 81-95.
- Ramos et al. (2013). Olores y sabores de cacaos (*Theobroma cacao L.*) venezolanos obtenidos usando un panel de catación. *UDO Agrícola*, 13(1), 114 - 127.
- Reyes et al. (2000). *El cacao en Venezuela*. Caracas: Chocolates el Rey, C.A.

- Rivera et al. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) Tipo Nacional. *Ciencia y tecnología*, 5(1).
- Romero et al. (2010). Identificación Varietal de 41 Plantas Seleccionadas de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Provenientes de Cuatro Cultivares Distintos de la Región Amazónica Ecuatoriana, Mediante el Uso de Marcadores Microsatélites. *Revista tecnológica ESPOL*, 23(1), 121-128.
- Ruíz et al. (2014). Influencia de la época de cosecha en la calidad del licor de cacao tipo nacional. *ESPAMCIENCIA*, 5(2), 73 - 85.
- Sánchez et al. (2008). Mejoramiento de la poscosecha del cacao a partir del roadmapping. *Ingeniería e investigación*, 28(3), 150-158.
- Sánchez et al. (2014). Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque húmedo Tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y tecnología*, 7(1), 33-41.
- Sánchez, V. (2007). *Caracterización organoléptica del cacao (Theobroma cacao L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo.
- Solórzano et al. (2015). Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Ciencia y tecnología*, 8(1), 37 - 47.
- Torres et al. (2004). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. *Agronomía tropical*, 54(4), 481-490.
- USAID. (2014). *Promoción de tecnologías sostenibles para la cadena de valor del cacao en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua*.
- Ventura et al. (2014). Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo. *Revista Agropecuaria y Forestal APF*, 3(1), 55 - 60.

Vera et al. (2014). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y tecnología*, 7(2), 21-34.

Zambrano et al. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agronomía Tropical*, 389-396.

## 8 ANEXOS

### Anexo 1. Reporte del análisis sensorial.



**ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE**  
**PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ**  
**LABORATORIO DE CALIDAD DE CACAO Y CAFÉ**

Fecha de entrega: 20/07/2016

#### Reporte del análisis sensorial de cinco muestra de cacao

La muestra 2 con código 128 muestra un mejor perfil, tiene un sabor suave y agradable. Las otras muestras tienen un perfil sensorial similar, se muestran afectadas por la presencia pronunciada del sabor amargo y astringente.

Cuadro 1. Resultado del análisis sensorial en muestras de licor de cacao

Identificación	Código	Sabores específicos *					Sabores básicos			
		Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Caramelo	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde
Muestra 1	127	3.5	0.0	2.0	1.0	0.5	3.0	3.5	3.5	1.5
Muestra 2	128	5.0	2.0	3.5	1.5	3.0	2.0	2.0	1.5	0.5
Muestra 3	129	4.0	1.0	4.0	3.0	1.5	4.5	2.0	3.0	1.5
Muestra 4	130	4.0	1.5	4.5	1.5	1.0	3.0	1.0	3.5	2.0
Muestra 5	131	2.5	1.0	2.5	1.0	0.0	5.0	4.0	5.0	2.5

• Calificación 1 = Normal; 2 = Bueno; 3 = Excelente



Juan Carlos Jiménez  
Lab. Calidad de cacao y café



Anexo 2. Tabla de la clasificación de almendras secas de cacao por el grado de fermentación.

			
<h2 style="text-align: center;">CLASIFICACIÓN DE ALMENDRAS SECAS DE CACAO POR EL GRADO DE FERMENTACIÓN</h2>			
Características	Clasificación de los granos	Causas	Efecto de las almendras en el chocolate
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color café</li> <li>• Grietas</li> <li>• Quebradizo</li> <li>• La cáscara se separa fácilmente del cotiledón</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Fermentación buena</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de una buena fermentación y secado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buen sabor y aroma</li> <li>• Sabor a cacao</li> <li>• Máxima expresión del sabor <i>ARRIBA</i>, disminuye los sabores fuertes como:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- amargo</li> <li>- ácido o agrio y</li> <li>- manchoso o astringente</li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color café con violeta</li> <li>• Menos grietas</li> <li>• Menos quebradizo</li> <li>• Aspecto algo compacto</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Fermentación media</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta cuando el tiempo de fermentación es insuficiente</li> <li>• Remociones tardías</li> <li>• Baja temperatura, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad del sabor y aroma es aceptable, cualidades aprovechables para la fabricación de chocolates.</li> <li>• Niveles de la astringencia: acidez y amargor más altos que en las almendras bien fermentadas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color violeta intenso</li> <li>• Aspecto compacto o semi compacto</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Violeta</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resultado de interrupción de la fermentación</li> <li>• Secado muy rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Astringencia y acidez fuerte poco recomendables para la elaboración de chocolates</li> <li>• El desarrollo de los hongos son favorecidos cuando la testa esta rota y el contenido de humedad en las almendras supera el 7%.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Color gris negruzco, opaco</li> <li>• Son muy compactos</li> <li>• Su sabor es muy desagradable y prolongado</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Pizarra</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de fermentación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sabor es extremadamente amargo, astringente y muy desagradable</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coloración blanquecina y en ocasiones verdosa o amarilla</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Mohoso</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El desarrollo de los hongos se favorece cuando la testa está rota el contenido de humedad de las almendras supera el 7%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producen olores y sabores desagradables</li> <li>• Dan origen a sustancias perjudiciales para la salud</li> <li>• Su presencia es un defecto altamente indeseable para la industria</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de insectos</li> <li>• Huevos y excrementos de los insectos</li> <li>• En ocasiones las almendras están deterioradas hasta el 90%</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Infestado</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son granos atacados por insectos</li> <li>• Poca limpieza de las bodegas</li> <li>• Falta de fumigación y</li> <li>• Almacenamiento por largo tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producen olores y sabores indeseables</li> <li>• Es un defecto grave que inutiliza las almendras para el uso industrial</li> </ul>

Anexo 3. Temperatura obtenida en los diferentes tratamientos y repeticiones.

<b>Temperatura °C</b>				
<b>Fermentador</b>	<b>Tratamiento y repetición</b>	<b>Tiempo</b>		
		<b>A las 24 h</b>	<b>A las 48 h</b>	<b>A las 72 h</b>
<b>Saco de yute</b>	T1R1	33	35	43
	T1R2	33	37	41
	T1R3	32	34	40
<b>Rotor de madera</b>	T2R1	34	38	43
	T2R2	33	38	44
	T2R3	35	40	45
<b>Montón</b>	T3R1	35	42	45
	T3R2	38	45	46
	T3R3	34	42	46
<b>Caja de madera</b>	T4R1	34	36	43
	T4R2	33	35	43
	T4R3	33	36	42
<b>Balde plástico</b>	T5R1	37	38	43
	T5R2	34	35	42
	T5R3	35	37	40

Anexo 4. pH obtenido en los diferentes tratamientos y repeticiones.

Ph							
Fermentador	Tratamiento y repetición	Tiempo					
		A las 24 h		A las 72 h		Después del secado	
		Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón	Testa	Cotiledón
Saco de yute	T1R1	4,01	6,69	4,77	4,59	4,98	5,10
	T1R2	3,77	6,71	4,68	4,66	5,11	5,14
	T1R3	3,81	6,63	4,74	4,54	5,29	4,97
Rotor de madera	T2R1	3,81	6,76	4,92	4,79	5,42	5,47
	T2R2	3,78	6,64	4,91	4,74	5,36	5,45
	T2R3	3,76	6,51	5,06	4,73	5,46	5,50
Montón	T3R1	3,71	6,78	4,77	4,81	5,38	5,34
	T3R2	3,69	6,78	4,86	4,91	5,41	5,24
	T3R3	3,75	6,69	4,82	4,85	5,36	5,28
Caja de madera	T4R1	3,79	6,51	4,88	4,72	5,48	5,46
	T4R2	3,87	6,57	4,83	4,67	5,43	5,41
	T4R3	3,82	6,59	4,91	4,75	5,51	5,39
Balde plástico	T5R1	3,68	6,67	4,73	4,49	5,32	5,18
	T5R2	3,57	6,74	4,69	4,53	5,24	5,06
	T5R3	3,66	6,79	4,66	4,61	5,29	5,11

Anexo 5. Índice de grano obtenido en los diferentes tratamientos y repeticiones.

<b>Cacao seco</b>			
<b>Fermentador</b>	<b>Tratamiento y repetición</b>	<b>Peso de 100 almendras (g)</b>	<b>Índice de grano (g)</b>
<b>Saco de yute</b>	T1R1	150,9	1,51
	T1R2	149,4	1,49
	T1R3	145,6	1,46
<b>Rotor de madera</b>	T2R1	152,4	1,52
	T2R2	151,2	1,51
	T2R3	153,8	1,54
<b>Montones</b>	T3R1	151,0	1,51
	T3R2	151,7	1,52
	T3R3	145,9	1,46
<b>Caja de madera</b>	T4R1	148,7	1,49
	T4R2	150,6	1,51
	T4R3	151,7	1,52
<b>Balde plástico</b>	T5R1	140,3	1,40
	T5R2	144,3	1,44
	T5R3	143,4	1,43



Anexo 6. Porcentaje de testa obtenido en los diferentes tratamientos y repeticiones.

<b>Cacao seco</b>				
<b>Fermentador</b>	<b>Tratamiento y repetición</b>	<b>Peso de 30 almendras (g)</b>	<b>Peso de la testa (g)</b>	<b>% de testa</b>
<b>Saco de yute</b>	T1R1	39,0	5,0	12,8
	T1R2	41,6	5,3	12,7
	T1R3	39,7	5,3	13,4
<b>Rotor de madera</b>	T2R1	46,9	7,1	15,1
	T2R2	45,2	6,8	15,0
	T2R3	46,1	6,9	15,0
<b>Montones</b>	T3R1	42,4	5,8	13,7
	T3R2	43,4	6,2	14,3
	T3R3	44,6	6,3	14,1
<b>Caja de madera</b>	T4R1	43,2	6,5	15,0
	T4R2	46,3	6,7	14,5
	T4R3	40,2	6,1	15,2
<b>Balde plástico</b>	T5R1	39,6	4,9	12,4
	T5R2	41,4	5,1	12,3
	T5R3	38,0	4,8	12,6

Anexo 7. Porcentaje de fermentación obtenido en los diferentes tratamientos y repeticiones.

<b>Prueba de corte</b>								
<b>Fermentador</b>	<b>Tratamiento y repetición</b>	<b>% Fermentación buena</b>	<b>% Fermentación media</b>	<b>% Fermentación total</b>	<b>% Violeta</b>	<b>% Pizarra</b>	<b>% Mohosa</b>	<b>% Infestada</b>
<b>Saco de yute</b>	T1R1	69	10	79	13	8	0	0
	T1R2	74	11	85	9	6	0	0
	T1R3	70	14	84	9	7	0	0
<b>Rotor de madera</b>	T2R1	92	4	96	2	2	0	0
	T2R2	91	4	95	3	2	0	0
	T2R3	92	5	97	2	1	0	0
<b>Montones</b>	T3R1	73	14	87	8	5	0	0
	T3R2	74	13	87	9	4	0	0
	T3R3	76	14	90	7	3	0	0
<b>Caja de madera</b>	T4R1	85	8	93	5	2	0	0
	T4R2	81	9	90	5	5	0	0
	T4R3	83	7	90	6	4	0	0
<b>Balde plástico</b>	T5R1	62	14	76	14	10	0	0
	T5R2	54	17	71	16	13	0	0
	T5R3	57	16	73	15	12	0	0

Anexo 8. Fotografías.



Foto 1. Recolecta de cacao tipo Nacional.



Foto 2. Fermentador saco de yute.



Foto 3. Fermentador rotor de madera.



Foto 4. Fermentador balde plástico.



Foto 5. Fermentador caja de madera.



Foto 6. Fermentador montón.





Foto 7. Toma de temperatura en el saco de yute



Foto 8. Toma de temperatura en el montón



Foto 9. Toma de temperatura en el balde plástico.



Foto 10. Toma de temperatura en la caja de madera.



Foto 11. Toma de temperatura en el rotor de madera.





Foto 12. Colocación de almendras en la marquesina.



Foto 13. Almacenamiento de cacao seco.



Foto 14. Determinación de pH.





Foto 15. Determinación del índice de grano.



Foto 16. Determinación del porcentaje de testa.



Foto 17. Determinación del porcentaje de testa.



Foto 18. Realización de la prueba de corte.



Foto 19. Fermentación buena (prueba de corte)





Foto 20. Fermentación media (prueba de corte).



Foto 21. Almendras violetas (prueba de corte).



Foto 22. Almendras pizarras (prueba de corte).