



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Extensión Santo Domingo**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y SISTEMAS DE GESTIÓN**

Tesis de grado previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL, MENCIÓN EN ALIMENTOS**

**EVALUACIÓN DE DOS TIEMPOS DE FERMENTACIÓN CON LA ADICIÓN DE LA ENZIMA POLIFENOL OXIDASA Y LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* PARA MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD (AROMA Y SABOR) DEL CACAO CCN-51 EN LA UTE SANTO DOMINGO.**

**Estudiante:**

**PAÚL DAVID SINCHE BÓSQUEZ**

**Director de Tesis:**

**ING. WISTON MORALES**

Santo Domingo – Ecuador

Noviembre, 2013

**EVALUACIÓN DE DOS TIEMPOS DE FERMENTACIÓN CON LA ADICIÓN DE LA ENZIMA POLIFENOL OXIDASA Y LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* PARA MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD (AROMA Y SABOR) DEL CACAO CCN-51 EN LA UTE SANTO DOMINGO.**

Ing. Wiston Morales

**DIRECTOR DE TESIS**

\_\_\_\_\_

**APROBADO**

Ing. Daniel Anzules

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Ing. Christian Vallejo

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Lic. Tania Guzmán MSc

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Santo Domingo,.....de..... del 2013

**Autor: SINCHE BÓSQEZ PAÚL DAVID**  
**Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Titulo de Tesis: “EVALUACIÓN DE DOS TIEMPOS DE FERMENTACIÓN  
CON LA ADICIÓN DE LA ENZIMA POLIFENOL OXIDASA Y  
LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* PARA MEJORAR LAS  
CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD (AROMA Y SABOR) DEL CACAO  
CCN-51 EN LA UTE SANTO DOMINGO”**  
**Fecha: NOVIEMBRE, 2013**

El contenido del presente trabajo, esta bajo la responsabilidad del autor

---

**Paúl David Sinche Bósquez**

**172391958-3**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**  
**Extensión Santo Domingo**

**INFORME DEL DIRECTOR DE TESIS**

Santo Domingo, 1 de Noviembre del 2013

Ingeniero

Daniel Anzules

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Presente.

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo investigativo realizado por el señor: **PAÚL DAVID SINCHE BÓSCUEZ**, cuyo tema es: **“EVALUACIÓN DE DOS TIEMPOS DE FERMENTACIÓN CON LA ADICIÓN DE LA ENZIMA POLIFENOL OXIDASA Y LEVADURA *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* PARA MEJORAR LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD (AROMA Y SABOR) DEL CACAO CCN-51 EN LA UTE SANTO DOMINGO”** ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente

---

Ing. Wiston Morales  
**DIRECTOR DE TESIS**

## *DEDICATORIA*

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme la fortaleza y sabiduría de seguir adelante en todo momento.

A mi querida madre Marcia, ya que por ella soy lo que soy, me ha dado su apoyo, consejos, amor, ayuda. Me ha dado lo que soy como personas, mis valores, principios, me ha dado todo. Esta tesis es tuya.

A mi familia por su apoyo incondicional durante toda mi carrera.

## *AGRADECIMIENTO*

Son muchas las personas a las que me gustaría agradecer unas junto a mi y otras en mis recuerdos, sin importar donde estén quiero darles gracias por ser parte de una meta mas en mi vida.

Doy gracias en primer lugar a Dios por ser Él quien me dio la sabiduría, entendimiento, fortaleza y paciencia necesaria para lograr los objetivos durante todo el camino.

A mis madres Marcia, Bachi y Mildreth por brindarme su apoyo, sacrificio, consejos y fuerzas necesarias para seguir adelante. A toda mi familia Vane, Scarleth, Diego quienes contribuyeron también para que todo esto fuera una realidad gracias a todos.

A mi director Wiston Morales, los docentes de la universidad Ingenieros Daniel Anzules, Karina Cuenca, María Gutiérrez, Paúl González, Christian Vallejo por ser quienes me impartieron sus conocimientos durante toda la carrera y quienes son merecedores de mi sincera gratitud.

A todos mis amigos y compañeros, que de una u otra forma contribuyeron a culminar mi carrera profesional.

A Candy quien por muchas noches no deje dormir, pero quien fue la que me acompañó durante todas las malas noches.

GRACIAS A TODOS

Paul David

## ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	Pág.
Portada.....	i
Sustentación y Aprobación de los Integrantes del Tribunal.....	ii
Responsabilidad del Autor.....	iii
Aprobación del Director de Tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice.....	vii
Resumen Ejecutivo.....	xv
Executive Summary.....	xvi

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Alcance.....	4
1.4.	Objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Hipótesis.....	5
1.5.1.	Hipótesis Alternativa (Ha).....	5
1.5.2.	Hipótesis Nula (Ho).....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO DE REFERENCIA

2.1.	Marco Teórico.....	6
2.1.1.	Historia del cacao.....	6
2.1.2.	Características de la planta de cacao.....	6
2.1.3.	Características del fruto.....	7
2.1.4.	Formas.....	7
2.1.4.1.	Angoleta.....	7
2.1.4.2.	Cundeamor.....	8
2.1.4.3.	Amelonado.....	8
2.1.4.4.	Calabacillo.....	9
2.1.5.	Características de la semilla.....	9
2.1.6.	Variedades de cacao.....	10
2.1.6.1.	Cacao criollo.....	10
2.1.6.2.	Cacao forastero amazónico.....	10
2.1.6.3.	Cacao trinitario.....	11
2.1.6.4.	Cacao nacional de Ecuador.....	11
2.1.6.5.	Clones.....	11
2.1.6.5.1.	Cacao CCN-51.....	12
2.1.7.	Beneficiado del cacao.....	12
2.1.7.1.	Cosecha.....	12
2.1.7.2.	Apertura de mazorcas y extracción de almendras.....	13
2.1.7.3.	Fermentación.....	13
2.1.7.3.1.	Fermentación Aeróbica.....	14
2.1.7.3.2.	Fermentación Anaeróbica.....	15
2.1.7.3.3.	Bioquímica de la fermentación.....	15
2.1.7.3.4.	Acción de las enzimas del cacao durante la fermentación.....	16
2.1.7.3.4.1.	Reacciones enzimáticas hidrolíticas.....	17
2.1.7.3.4.2.	Reacciones enzimáticas oxidativas.....	18
2.1.7.3.5.	Métodos de Fermentación.....	18

2.1.7.3.5.1.	Cajones de madera a un nivel.....	19
2.1.7.3.5.2.	Cajones de madera tipo escalera.....	19
2.1.7.3.5.3.	Fermentación en montón.....	19
2.1.7.3.5.4.	Fermentación en sacos.....	19
2.1.7.3.6.	Remoción de masa.....	20
2.1.7.3.7.	Tiempo de fermentación.....	20
2.1.7.3.8.	Temperatura de fermentación.....	21
2.1.7.3.9.	Secado del cacao.....	21
2.1.7.3.9.1.	Secado natural (al sol).....	21
2.1.7.3.9.2.	Secado Artificial.....	22
2.1.7.3.9.2.1.	Tipos de secadores.....	23
2.1.7.3.9.2.1.1.	Secadores de tambor.....	24
2.1.7.3.9.2.1.2.	Secadores de plato, túnel y banda.....	24
2.1.7.3.9.2.1.3.	Secadores de plato.....	24
2.1.7.3.9.2.1.4.	Secador de túnel.....	24
2.1.7.3.9.2.1.5.	Secadores de banda.....	25
2.1.7.3.9.2.1.6.	Secadores de cabina.....	25
2.1.7.3.10.	Almacenamiento.....	25
2.1.8.	Calidad del cacao.....	26
2.1.8.1.	Definición de calidad.....	26
2.1.8.2.	Calidad física de las almendras de cacao.....	26
2.1.8.3.	Prueba de corte.....	27
2.1.8.4.	Composición química del grano de cacao.....	28
2.1.8.4.1.	Grasa.....	29
2.1.8.4.2.	Carbohidratos.....	30
2.1.8.4.3.	Concentración de polifenoles.....	30
2.1.8.4.4.	Acidez.....	30
2.1.8.4.5.	pH.....	31
2.1.8.4.6.	Teobromina y cafeína.....	31
2.1.8.5.	Calidad organoléptica del grano.....	32
2.1.8.5.1.	Evaluación sensorial del licor de cacao.....	32
2.1.8.5.2.	Degustación de la pasta de cacao.....	32
2.1.8.5.3.	Aroma.....	32

2.1.8.5.4.	Sabor.....	33
2.1.8.5.4.1.	Sabores básicos.....	33
2.1.8.5.4.2.	Sabores específicos.....	34

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1.	Ubicación.....	35
3.2.	Tipo de investigación.....	35
3.2.1.	Experimental.....	35
3.2.2.	No Observacional.....	36
3.2.3.	Racional.....	36
3.3.	Métodos de Investigación.....	36
3.3.1.	Método inductivo.....	36
3.3.2.	Método estadístico.....	36
3.3.3.	Método experimental.....	36
3.4.	Fuentes y técnicas de investigación.....	37
3.4.1.	Fuentes.....	37
3.4.2.	Técnicas.....	37
3.5.	Variables.....	37
3.5.1.	Variables independientes.....	37
3.5.2.	Variables dependientes.....	37
3.6.	Diseño Experimental.....	38
3.6.1.	Tratamientos.....	38
3.6.2.	Análisis funcional.....	38
3.7.	Manejo del experimento.....	39
3.7.1.	Materiales equipos e instalaciones.....	39
3.7.1.1.	Materiales.....	39
3.7.1.2.	Equipos.....	39
3.7.1.3.	Instalaciones.....	39
3.7.1.4.	Materia prima.....	40

3.7.2.	Análisis de variables.....	40
3.7.2.1.	Análisis Físico – Químicos.....	40
3.7.2.2.	Análisis organoléptico.....	41
3.7.2.2.1.	Aroma.....	41
3.7.2.2.2.	Sabor.....	41
3.7.2.2.2.1.	Sabores básicos.....	42
3.7.2.2.2.2.	Sabores específicos.....	42
3.8.	Diagrama de flujo cualitativo.....	43
3.9.	Descripción del diagrama de flujo cualitativo.....	44
3.10.	Diagrama de flujo cuantitativo para la fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel de laboratorio.....	48
3.11.	Diagrama de flujo cuantitativo para la fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel piloto.....	50
3.12.	Descripción del balance de materia y energía.....	52

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1.	Porcentaje de fermentación.....	53
4.2.	Humedad.....	58
4.3.	Teobromina.....	59
4.4.	pH.....	61
4.5.	Acidez.....	62
4.6.	Pruebas sensoriales.....	63
4.6.1.	Aroma.....	63
4.6.2.	Sabor.....	64
4.7.	Costo beneficio.....	67

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	68
5.2.	Recomendaciones.....	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	70
	ANEXOS.....	75

### ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.	Caracterización de las principales enzimas activas durante la fermentación de semillas de cacao.....	17
Cuadro N° 2.	Tipos de secadores.....	23
Cuadro N° 3.	Requisitos de calidad del cacao en grano.....	27
Cuadro N° 4.	Composición de los granos de cacao en porcentaje.....	29
Cuadro N° 5.	Porcentaje de grasa y punto de fusión de muestras de tres grupos genéticos de cacao.....	29
Cuadro N° 6.	Promedios de acidez titulable de almendras de cacao provenientes de varias zonas del Ecuador.....	31
Cuadro N° 7.	Identificación y codificación de los tratamientos a evaluar.....	38
Cuadro N° 8.	Esquema del adeva.....	38
Cuadro N° 9.	Costo tratamiento enzimático fermentado durante 7 días.....	67

### ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1.	Fruto de cacao de forma angoleta.....	8
Gráfico N° 2.	Fruto de cacao de forma cundeamor.....	8
Gráfico N° 3.	Fruto de cacao de forma amelonado.....	9
Gráfico N° 4.	Fruto de cacao de forma calabacillo.....	9
Gráfico N° 5.	Remoción del cacao durante el proceso de fermentación.....	15

Gráfico N° 6. Cambios que ocurren en el cotiledón y pulpa del grano de cacao durante la fermentación.....	16
Gráfico N° 7. Secado natural del cacao.....	22
Gráfico N° 8. Secadora artificial estacionaria.....	23
Gráfico N° 9. Clasificación de las almendras por el grado de fermentación.....	28
Gráfico N° 10. Porcentaje de fermentación (buena).....	54
Gráfico N° 11. Porcentaje de fermentación (media).....	55
Gráfico N° 12. Porcentaje de fermentación (total).....	56
Gráfico N° 13. Porcentaje de defectos (violetas).....	57
Gráfico N° 14. Humedad almendra de cacao CCN-51.....	59
Gráfico N° 15. Porcentaje de Teobromina almendra de cacao CCN-51.....	60
Gráfico N° 16. pH de la almendra de cacao CCN-51.....	62
Gráfico N° 17. Acidez de la almendra de cacao CCN-51.....	63
Gráfico N° 18. Resultados aceptación muy agradable aroma cacao CCN-51.....	64
xGráfico N° 19. Perfil de sabores básicos y específicos fermentados durante cinco días.....	65
Gráfico N° 20. Perfil de sabores básicos y específicos fermentados durante siete días.....	65

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1	Análisis porcentaje de fermentación.....	76
Anexo N° 2	Norma INEN 173. Determinación de humedad.....	79
Anexo N° 3	Análisis de teobromina.....	82
Anexo N° 4	Formato para evaluación aroma.....	83
Anexo N° 5	Formato para evaluación de sabor.....	84
Anexo N° 6	Balance de materia para la fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel de laboratorio.....	85
Anexo N° 7	Balance de materia de la obtención de la pasta de cacao a nivel piloto.....	98
Anexo N° 8	Balance de energía a nivel de planta piloto para el proceso de torrefacción del cacao seco.....	111

Anexo N° 9	Porcentaje de fermentación y defectos en almendras secas.....	129
Anexo N° 10	Análisis de varianza para los datos experimentales de porcentaje fermentación de cacao y defectos del cacao.....	129
Anexo N° 11	Análisis de varianza para los datos experimentales de humedad del cacao.....	131
Anexo N° 12	Análisis de varianza para los datos experimentales de teobromina del cacao.....	131
Anexo N° 13	Análisis de varianza para los datos experimentales de pH del Cacao.....	132
Anexo N° 14	Análisis de varianza para los datos experimentales de acidez del cacao.....	132
Anexo N° 15	Puntuación de aroma en las muestras de pasta de cacao.....	133
Anexo N° 16	Resultados obtenidos de pH, humedad, teobromina y acidez.....	134
Anexo N° 17	Resultados de sabores de las muestras de pasta de cacao.....	134
Anexo N° 18	Costo tratamiento testigo (blanco) fermentado durante 7 días.....	135
Anexo N° 19	Fotografías del proceso de fermentación y secado del cacao CCN-51.....	136

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene como propósito brindar una nueva alternativa para la fermentación de cacao CCN-51 reduciendo sus cualidades negativas, como la acidez, amargor y astringencia, mediante la adición de levaduras y enzimas obteniendo una mejoría en la calidad del cacao.

Para mejorar los atributos sensoriales del cacao CCN-51, se aplicó la enzima polifenol oxidasa presente en la naranjilla, levadura *Saccharomyces cerevisiae* y una interacción enzima – levadura durante la fermentación. Se evaluaron

Se inició la investigación con el proceso de fermentación durante 5 y 7 días en cajas de arrayan, las temperaturas de fermentación alcanzaron valores entre 31°C a 46 °C, temperatura que desempeña un papel importante en la muerte de los granos y por lo tanto del inicio de las reacciones enzimáticas en los tejidos de los cotiledones. Inmediatamente se realizó el secado al sol en tendal de cemento cubierto tipo marquesina durante 6 días hasta alcanzar un porcentaje promedio de humedad de 3,16%.

Posteriormente se realizó la prueba de corte para conocer el grado de fermentación del grano, a continuación procedió a tostar las almendras a 140 °C por 30 minutos, finalmente las almendras tostadas y descascarillas se molieron formando la pasta de cacao, las cuales fueron analizadas por catadores para su evaluación sensorial.

Durante la parte experimental se empleó el diseño DCA con tres repeticiones, obteniendo como el mejor tratamiento la muestra E 7d, cacao CCN-51 fermentado durante siete días con la adición de la enzima polifenol oxidasa presente en la naranjilla. Cabe indicar que para determinar el mejor tratamiento se analizó los parámetros de acidez, pH, humedad, teobromina y análisis sensorial.

## EXECUTIVE SUMMARY

The current investigation is intended to provide a new alternative for fermenting the cocoa CCN-51, reducing their negative qualities, such as acidity, bitterness and astringency, by adding yeast and enzymes obtaining an improvement in the quality of the cocoa.

To improve the sensorial attributes of cacao CCN-51, it was applied the enzyme polyphenol oxidase which is present in the naranjilla, yeast *Cerevisiae Saccharomyces* yeast and an interaction between enzyme - yeast during the fermentation.

The investigation began with the fermentation process for 5 and 7 days in arrayan boxes; the fermentation temperatures reached values between 31°C to 46 ° C, which plays an important role in the death of the grains and therefore the start of enzymatic reactions in the tissues of the cotyledons. Immediately, it took place the solar drying on the concrete for 6 days to reach an average rate of 3.16% of moisture.

Later the cutting test was done, it determined the degree of fermentation of grain, and then the almonds were toasted at 140 ° C for 30 minutes. Finally, the almonds toasted and peeled were ground until to form the paste of cocoa, which were analyzed by assessors for sensory evaluation.

During the experimental design, it was employed DCA with three replications, getting the best treatment sample E 7d, cacao CCN-51 fermentado for seven days with the addition of the enzyme polyphenol oxidase present in the naranjilla. It is noted that in order to determine the best treatment, it was analyzed acidity parameters, pH, moisture, theobromine and sensorial analysis.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Planteamiento del problema

Enríquez (2004), menciona que el cacao (*Theobroma cacao L.*) fue clasificado botánicamente por Linneo. *Theobroma cacao* es un árbol de 4-8 m de alto de la familia Esterculiácea, nativo de las regiones tropicales de América, con semillas que contienen una cantidad significativa de grasa 40-50 %.

Díaz y Pinoargote (2012), indican que las variedades de cacao, Nacional y CCN-51 son las que predominan en las plantaciones cacaoteras del Ecuador, de las cuales a la Variedad de cacao Nacional se le ha reconocido mundialmente por sus características de aroma, sumamente apreciadas en la preparación de chocolates, contrastándose con la variedad CCN-51 la cual no alcanza las características de aroma del cacao Nacional.

La calidad del cacao principalmente radica en la etapa de post cosecha o beneficiado tiempo en el cual las almendras de cacao son tratadas en condiciones adecuadas con el fin de cumplir una serie de transformaciones físicas y químicas que permiten el desarrollo de su calidad en cuando a su aroma y sabor. Un punto importante es el cacao que ha sufrido una adecuada fermentación y proceso de secado etapas cruciales en la producción de las propiedades organolépticas.

Navia y Pazmiño (2012), argumentan que la fermentación del cacao es una operación indispensable, en la cual la pulpa que envuelve las semillas son metabolizadas por microorganismos que producen compuestos como el etanol y ácido acético los cuales promueven cambios fisicoquímicos en las almendras.

El Ecuador se ha caracterizado por ser el más importante productor de cacao fino de aroma. Según ANDES (2012) indica que el 2011 el Ecuador produjo 200 mil toneladas

métricas de cacao, lo que significa el 4,5 % de la producción mundial, exportando así \$ 535 millones hacia el mundo, siendo sus principales compradores Estados Unidos y Europa.

La comercialización del cacao para la industria chocolatera se realiza en base a la calificación física de los granos, utilizando la prueba de corte con el fin de evaluar el grado fermentación del cacao, además de una calificación sensorial para determinar las características organolépticas.

En la actualidad el cacao CCN-51 está siendo mayormente cultivado en las zonas cacaoteras del Ecuador, debido a su resistencia a enfermedades y su alta productividad en comparación con el cacao nacional. Consecuencia de esto el país ha sufrido una caída en los últimos años en cuanto a su imagen y calidad del aroma del cacao producido por las malas practicas de los agricultores al mezclar distintos tipos de variedades y así disminuyendo el prestigio del cacao Nacional

Díaz y Pinoargote (2012), menciona que la fermentación se realiza con el objetivo de desarrollar los precursores del aroma y sabor a cacao, por lo que al usar enzimas y levaduras durante esta etapa propone mejorar las características organolépticas del cacao, brindándole un valor agregado a la variedad CCN-51 y convirtiéndola idónea para la industria chocolatera y obteniendo una aceptación en cuando a su aroma y sabor.

## 1.2. Justificación

Según ANDES (2012), indica que el cacao es el producto de exportación más antiguo del país, que ha generado recursos y empleo cientos de miles de familias de agricultores en 490 mil hectáreas. El 90% de estas familias están distribuidas en las provincias de la costa y en las estribaciones occidentales de la región andina. En cambio, el otro 10% se encuentra en la región amazónica.

En la actualidad el cacao CCN-51 está siendo mayormente cultivado en las zonas cacaoteras del Ecuador, debido a su resistencia a enfermedades y su alta productividad en comparación con el cacao nacional. Consecuencia de esto el país ha sufrido una caída en los últimos años en cuanto a su imagen y calidad del aroma del cacao producido por las malas prácticas de los agricultores al mezclar distintos tipos de variedades y disminuyendo el prestigio del cacao Nacional.

Frente a este problema la presente investigación busca la posibilidad de que el cacao CCN-51 pueda ser considerado adecuado para la elaboración de chocolate de buena calidad, como lo es el cacao Nacional, realizando un adecuado proceso de beneficiado en cuanto al tiempo de fermentación y la utilización levaduras (*Saccharomyces Cerevisiae*) en la primera etapa de fermentación la cual es anaerobia condiciones propicias para la actividad de las levaduras y enzima polifenol oxidasa (PPO) presente en el lulo, naranjilla (*Solanum quitoense*), cuya actividad se realiza durante todo el proceso de fermentación con el objetivo de intensificar las propiedades organolépticas, reducir el amargor y astringencia características del cacao CCN-51.

El propósito de este trabajo es analizar el proceso de fermentación y obtención de licor de cacao a partir de las muestras tratadas de cacao CCN-51 y su evaluación física y organoléptica en comparación con una muestra de cacao Nacional.

### **1.3. Alcance**

En la presente investigación se propone analizar una metodología adecuada para mejorar el aroma y sabor del cacao CCN-51 de tal manera que al aplicarla se obtenga un producto con características aceptables. Logrando así incrementar la utilización del cacao CCN-51 en la industria chocolatera gracias al aroma y sabor ganado por la influencia de la enzima *polifenol oxidasa (PPO)* presente en el lulo o naranjilla (*Solanum quitoense*) y levaduras (*Saccharomyces Cerevisiae*) durante el proceso de fermentación.

La investigación finalizará con la evaluación de las características sensoriales a través de la elaboración de pasta de cacao.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar dos tiempos de fermentación con la adición de la enzima polifenol oxidasa y levadura *Saccharomyces cerevisiae* para mejorar las características de calidad (aroma y sabor) del cacao CCN-51 en la UTE Santo Domingo.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar tratamientos de adición de enzima polifenol oxidasa y levadura *Saccharomyces cerevisiae* durante el proceso de fermentación
- Determinar la calidad del cacao CCN-51 mediante pruebas sensoriales para conocer el mejor tratamiento en cuanto al aroma y sabor.
- Realizar pruebas físico-químicas para conocer el grado de fermentación de las almendras, porcentaje de teobromina, acidez y pH.
- Determinar costo – beneficio para el mejor tratamiento de un haba de cacao.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis Alternativa (Ha)**

El tiempo de fermentación con la adición de la enzima polifenol oxidasa y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* influirán significativamente en las características de calidad (aroma y sabor) del cacao CCN-51

### **1.5.2. Hipótesis Nula (Ho)**

El tiempo de fermentación con la adición de la enzima polifenol oxidasa y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* no influirán significativamente en las características de calidad (aroma y sabor) del cacao CCN-51

## CAPÍTULO II

### MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1. Marco Teórico

##### 2.1.1. Historia del cacao

Ponce y Solórzano (2006), mencionan que el cultivo y consumo del cacao fueron iniciados por los indígenas toltecas, aztecas y mayas en México y Centroamérica mucho antes de la llegada de los europeos. Inicialmente el cacao era consumido como una bebida llamada xocoatl. Los Españoles comenzaron a usar el cacao en el año de 1550 cuando se le añadió dulce y vainilla con en el fin de reducir su sabor amargo. La bebida era en un principio consumida por la corte y realeza, pero pronto pasó a tener un uso más amplio lo que originó una gran demanda.

Según Hardy (1962), aparentemente el origen de la palabra cacao se deriva de las dos palabras Mayas Kaj y Kab que significan amargo y jugo respectivamente. Su combinación con la adición del sufijo atl que significa agua dio paso a la formación en español de la palabra kakahuatl o cacahuatl, forma que más tarde cambio a cacauatl y a cacaoatl y finalmente tiempo después se suprime las tres ultimas letras dejando la palabra cacao

##### 2.1.2. Características de la planta de cacao

UNCTAD en una de sus publicaciones menciona que el árbol de cacao (*Theobroma cacao* L. de la familia Sterculiaceae) es una planta tropical que crece en climas cálidos y húmedos, además es un árbol pequeño, entre cuatro y ocho metros de alto, aunque si recibe sombra de árboles grandes, puede alcanzar hasta los 10 metros de alto. Posee un tallo es recto, la madera es de color claro, casi blanco, y la corteza es delgada, de color café.

Para obtener una producción ideal, los árboles de cacao necesitan una precipitación anual entre 1150 y 2500 mm y temperaturas entre 21°C y 32°C

### **2.1.3. Características del fruto**

INTA (2009), indica que el fruto del árbol del cacao es llamado comúnmente mazorca, tiene una cáscara dura, con relieves simétricos y longitudinales. En su interior presenta cinco hileras de semillas o almendras cubiertas de pulpa o mucílago, de sabor dulce y agradable. El número de semillas por fruto varía en promedio de 20 a 40 semillas.

El fruto del cacao es sostenido por un pedúnculo, el mismo de la flor original, la mazorca está compuesta de tres partes: el exocarpio o la sección exterior, la capa de en medio o mesocarpio y la capa interior o endocarpio.

Ortiz (2012), indica que el periodo comprendido entre la fecundación y la madurez del fruto va desde los 5 hasta los 7 meses, y una mazorca alcanza un peso promedio de 400g.

### **2.1.4. Formas**

INTA (2009), menciona que los frutos por su forma se clasifican en: Angoleta, Cundeamor, Amelonado y Calabacillo

#### **2.1.4.1. Angoleta**

Son mazorcas alargadas, puntiagudas en el extremo, su base angosta con cuello de botella y surcos muy profundos y superficie muy verrugosa.

**Gráfico N° 1**  
**Fruto de cacao de forma angoleta**



**Fuente:** INTA, 2009

**2.1.4.2. Cundeamor**

La mazorca es ovalada puntiaguda en el extremo, base angosta con cuello de botella, surcos profundos y superficie muy verrugosa.

**Gráfico N° 2**  
**Fruto de cacao de forma cundeamor**



**Fuente:** INTA, 2009

**2.1.4.3. Amelonado**

Mazorca regularmente ovalada, redondeada en el extremo, con o sin constricción en la base, diámetro inferior a la mitad de la longitud surcos poco marcados y superficie lisa o suavemente verrugosa.

**Gráfico N° 3**  
**Fruto de cacao de forma amelonado**



**Fuente:** INTA, 2009

#### **2.1.4.4. Calabacillo**

Mazorca de forma redondeada, de anchura superior a la mitad de la longitud, de superficie lisa y de surcos muy poco señalados.

**Gráfico N° 4**  
**Fruto de cacao de forma calabacillo**



**Fuente:** INTA, 2009

#### **2.1.5. Características de la semilla**

Zambrano (2001), indica que las semillas del cacao comúnmente llamadas haba o grano se encuentran recubiertas de una pulpa mucilaginosa de color blanco, de sabor azucarado y ácido. El volumen de la semilla, en el interior lo ocupa los dos cotiledones del embrión, cuyos colores pueden variar de color blanco comúnmente de los criollos al color violeta presente en los forasteros y pasando por varios matices que podemos encontrar en los trinitarios.

Brandeau (1970), indica algunas características que describen a las semillas entre ellas encontramos:

- Longitud, que puede variar de 20 a 30 mm
- Anchura, que se encuentra entre 10 y 17 mm
- Espesor , varia de 7 a 12 mm
- Peso, comprendido entre 1,3 g y 2,3 g

#### **2.1.6. Variedades de cacao**

Paredes (2009), menciona que por el origen y las características genéticas del cacao se clasifica en cuatro tipos: Criollo, Forastero Amazónico, Trinitario y Nacional de Ecuador. Además existen diversos clones de cacao.

##### **2.1.6.1. Cacao criollo**

Son arboles bajos y menos robustos en comparación a otras variedades. Su copa es redonda con hojas ovaladas de color verde claro y gruesas. Las almendras son de color blanco marfil. Esta variedad de cacao se caracteriza por tener mazorcas alargadas de colores verde y rojizo en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjadas rojizas cuando se encuentra en estado maduro. Este tipo de cacao requiere un periodo corto de fermentación de (2 a 3 días) y representa el 5% de la producción mundial debido a su fragilidad y susceptibilidad a enfermedades.

##### **2.1.6.2. Cacao forastero amazónico**

El grupo de los forasteros proporcionan el 80% de la producción mundial. Se denominan forasteros por encontrarse en la cuenca del Rio Amazonas, son arboles robustos y grandes con hojas pequeñas, mazorcas de cascara dura gruesa y lisa de color verde en estado inmaduro y amarillas al encontrarse en estado maduro. Las almendras son aplanadas y

pigmentadas con cotiledones de color morado. Esta variedad es tolerante a plagas y posee la característica de adaptarse muy bien en diferentes ambientes. De este tipo de cacao se obtiene un chocolate con sabor básico de cacao.

#### **2.1.6.3. Cacao trinitario**

Este grupo representa del 10% al 15% de la producción mundial. Es el cacao que más se cultiva en América, se lo considera el resultado del cruce entre el cacao de tipo Criollo de Trinidad y Forastero. Fueron seleccionados en Trinidad y de ahí su nombre. Es una variedad resistente a plagas y de alto rendimiento dando como resultado un sabor usualmente a frutas y nueces.

#### **2.1.6.4. Cacao nacional de Ecuador**

Este tipo de cacao presenta características semejantes al tipo forastero, las mazorcas son amelonadas con estrangulaciones en la base y el ápice de la misma, con presencia de surcos y lomos poco profundos. El color interno de las almendras es violeta pálido o lila.

De este tipo de cacao se obtiene uno de los mejores chocolates del mundo, por su sabor y aroma floral combinado con perfiles de frutas.

#### **2.1.6.5. Clones**

Podemos encontrar clones, es decir, variedades producidas por el hombre, que suelen ser identificadas con letras y números provenientes de la investigación, en este grupo encontramos el CCN-51, un clon que en la actualidad abarca gran parte de las plantaciones de la Amazonia. Sus mazorcas son de color rojizas-moradas en estado tierno y de color rojizo-anaranjado al encontrarse maduras.

#### **2.1.6.5.1. Cacao CCN-51**

Guerron (2009), menciona que el agrónomo ambateño Homero Castro Zúñiga graduado en el año de 1952 como Especialista de cacao en Turrialba – Costa Rica inicia en Naranjal en 1960 en las Haciendas Pechichal, Sofía y Theobroma una investigación orientada a la búsqueda de materiales mejorados , logrando seleccionar varios híbridos con características superiores en cuanto a calidad, producción y resistencia a las principales enfermedades del cacao como: Escoba de bruja, Monilla y Mal del Machete, para luego clonificar algunos de ellos a los cuales identificó con las siglas CCN cuyo significado es Colección Castro Naranjal entre los cuales sobresalió el CCN-51.

En la actualidad en el sector cacaotero Ecuatoriano predomina el uso del CCN-51, debido a su excelente comportamiento en cuanto a la calidad, producción y resistencia a las enfermedades.

#### **2.1.7. Beneficiado del cacao**

Jiménez (2003), indica que el beneficiado se refiere a la preparación de las almendras como paso previo para su comercialización e industrialización. Con este fin se realizan una serie de operaciones iniciando con la cosecha de las mazorcas en un estado de maduración indicado, seguido de la fermentación y secado de las almendras.

##### **2.1.7.1. Cosecha**

Reyes, Vivas y Romero (2000), mencionan que se debe realizar en el momento de la maduración de los frutos, cuyo estado se reconoce por la coloración de los mismos, lo que ocurre por lo general entre 160 y 185 días después de la fecundación de la flor. Los frutos verdes se tornan amarillos cuando maduran, y los de color rojo pasan a una tonalidad naranja. Es necesario asegurarse de la madurez adecuada de los frutos antes de la cosecha, para evitar la mezcla de granos con distintos niveles de desarrollo y la pérdida de calidad en la fermentación, provocada por esta situación.

Braudeau (1970), señala que la cosecha dese realizarse semanalmente o quincenalmente y no deberían en ningún caso exceder de las tres semanas. La recolección de las mazorcas se hace siempre casi con la ayuda de un cuchillo o machete bien afilado cuando las mazorcas son accesibles directamente, para las mazorcas más altas se utiliza un dispositivo especial llamado con borde afilados que permitan seleccionar el pedúnculo del fruto sin dañar el árbol.

### **2.1.7.2. Apertura de mazorcas y extracción de almendras**

Braudeau (1970) indica, que una vez recolectadas las mazorcas, sin transportadas cerca del lugar en el cual se va ha realizar la fermentación. Ahí se abren con la ayuda de un machete o golpeándolas con lun pedazo de madera con el fin de romper la cascara. Con las mazorcas abiertas, las almendras se extraen preferiblemente a mano conservando así la integridad de las almendras.

Ramos (2004), argumenta que es preferible abrir las mazorcas y extraer las semillas lo más pronto posible que se pueda después de efectuarse la cosecha. En el caso de que la cosecha no se complete el mismo días, las mazorcas pueden esperar cosechadas hasta tres días antes de abrirlas si se trata de cacaos tipo Forastero o trinitario y dos días para los cacao Criollos.

### **2.1.7.3. Fermentación**

Ramos (2004), Rohan (1964), definen que la fermentación es el proceso de transformación de los azúcares de la baba o mucílago en alcohol etílico mediante la acción de las levaduras. Esta fase seguida por la transformación del alcohol en ácido acético, por la intervención de bacterias lácticas y acéticas.

Brandeau (1970), argumenta que este proceso tiene como por objetivos esenciales:

- Desproveerlas de la pulpa mucilaginoso que las rodea.

- Provocar la muerte del embrión y por consiguiente impedir la germinación de las habas de cacao con lo que posibilita su conservación.
- Desencadenar profundas modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones.

Para el mejor desarrollo de la fermentación, se requiere que esta se lleve a cabo en un lugar que no se encuentre expuesto a corrientes de viento, aunque si tiene que estar bien ventilado

Aguilar (2013), indica que el proceso de fermentación del cacao se desarrolla en varias etapas de transformaciones físicas y químicas que ocurren en el interior y exterior de las almendras. Estas etapas de la fermentación son conocidas como: Fermentación Aeróbica y Fermentación Anaeróbica.

#### **2.1.7.3.1. Fermentación Aeróbica**

En esta fermentación el azúcar presente en el mucílago es transformado en alcohol por medio de las levaduras que actúan durante las primeras 24 y 48 horas, debido a que predomina un pH ácido de 3 a 4, y la temperatura aumenta rápidamente alcanzando de 30 a 40 °C. A medida que la concentración de alcohol aumenta a alrededor de un 12%, producto del consumo total de todo el azúcar presente en el mucílago, comienza haber presencia de oxígeno en la masa, se produce el aumento de pH e inmediatamente la muerte de las levaduras dando por terminado esta primera fase del proceso.

Gonzales (1994), citado por Granda (2012), menciona que la fermentación de esta fase es llevada a cabo por las levaduras pertenecientes a los géneros *Cándida*, *Dedaryomyces*, *Pichia*, *Saccharomyces* y *Torulopsis*.

### 2.1.7.3.2. Fermentación Anaeróbica

Aguilar (2013), señala que la segunda etapa de fermentación es aeróbica, debido a la presencia de oxígeno en la masa de cacao. Inmediatamente culmina la fermentación anaeróbica, se da inicio a la fermentación aeróbica, denominada también fermentación acética, debido a que el etanol se convierte en ácido acético por acción de bacterias lácticas y acéticas. Este proceso coincide con la primera remoción de la masa de cacao que se efectúa a las 48 horas después de depositar el cacao en las cajas.

Para realizar las remociones se usan palas de madera blanda para evitar heridas en los granos de cacao. La remoción permite homogenizar, airear por la necesidad de oxígeno en la segunda etapa.

**Gráfico N° 5**  
**Remoción del cacao durante el proceso de fermentación**



**Fuente:** Paredes N, 2009

### 2.1.7.3.3. Bioquímica de la fermentación

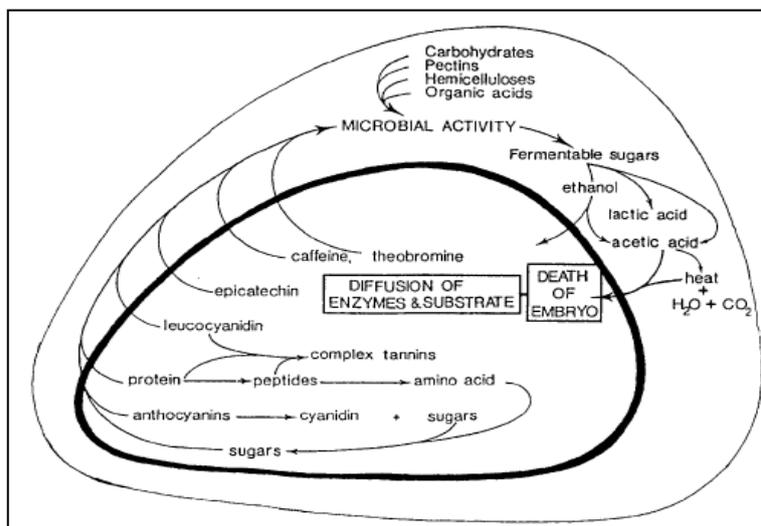
Calderón (2002), indica que los granos dentro de la vaina madura son microbiológicamente estériles. En cuanto son removidos, se empieza a inocular una variedad de microorganismos de las paredes de las mazorcas. La pulpa de cacao fresca contiene los azúcares y el ácido cítrico que le hacen un medio excelente para el crecimiento de los microorganismos.

En general en la fase inicial de fermentación, la pulpa posee un pH bajo (3,4 – 4,0), su contenido de azúcar es alto (8% – 24%), y presencia de oxígeno bajas lo que es muy

conveniente para el crecimiento de levaduras anaerobias, las que son causantes de una fermentación típica convirtiendo los azúcares en alcohol y dióxido de carbono. Wachter (2011), menciona que entre las levaduras presente durante las 36 – 38 horas dominan *Saccharomyces cerevisiae*.

Durante el estado inicial de la fermentación, el etanol y el ácido acético que se producen en la pulpa entran a la semilla y conjuntamente con la temperatura alta (45°C – 50 °C) matan al embrión.

**Gráfico N° 6**  
**Cambios que ocurren en el cotiledón y pulpa del grano de cacao durante la fermentación**



**Fuente:** López & Dimick, 1996.

#### 2.1.7.3.4. Acción de las enzimas del cacao durante la fermentación

Camu (2008), citado por Díaz y Pinoargote (2012), mencionan que las enzimas desempeñan un papel importante que influye en el aroma del cacao, la actividad de las enzimas en los cotiledones resulta en un aumento significativo del contenido de aminoácidos libres y azúcares reductores (glucosa y fructosa), obteniendo como resultado la reducción de la sacarosa. El incremento de temperatura de 25 °C hasta aproximadamente 50 °C durante el proceso de fermentación ayudan a la aceleración de las reacciones

enzimáticas dentro del grano, de lo contrario la actividad de las enzimas se reduce, dando como resultado una disminución de los precursores del aroma y sabor del cacao.

#### 2.1.7.3.4.1. Reacciones enzimáticas hidrolíticas

Díaz y Pinoargote (2012), indican que las enzimas hidrolíticas tales como invertasa, glicosidasas y proteasas tienen mayor actividad durante la fase de fermentación anaeróbica del cacao. Después de que la muerte del embrión ocurre, estas enzimas proteolíticas son libres de actuar sobre sustratos de proteínas en el grano, y su actividad se vuelve dependiente del pH y la temperatura. En el cuadro N° 1 se muestran las principales enzimas activas durante la fermentación.

**Cuadro N° 1**  
**Caracterización de las principales enzimas activas durante la fermentación de semillas de cacao**

ENZIMA	LOCALIZACIÓN	SUSTRATO	PRODUCTO	pH	T°C
Invertasa	Semilla, Testa	Sacarosa	Glucosa, Fructosa	4 – 5.2	52, 37
Glicosidasa ( $\beta$ – galactosidasa)	Semilla, cotiledones	Glucosidos (3- $\beta$ -D-galactosidilcianidina, 3- $\alpha$ -L-arabinosidilcianidina)	Cianidina, Azúcares	3.8 – 4.5	45
Proteasas	Semillas, cotiledones, fragmentos	Proteínas	Péptidos, aminoácidos	4.7	55
Polifenoloxidasa	Semilla, cotiledones	Polifenoles (epicatequina)	o-quinonas, o—diquinonas	6	31.5 34.5

**Fuente:** Thompson, Miller & López, 2001

Los azúcares y aminoácidos - péptidos participan en las reacciones de pardeamiento no enzimático durante el tostado

#### **2.1.7.3.4.2. Reacciones enzimáticas oxidativas**

Díaz y Pinoargote (2012), argumentan que una importante actividad enzimática oxidativa también ocurre, siendo más frecuente al final de la fase aeróbica de la fermentación y continuando en la etapa de secado del cacao. La polifenol oxidasa es la oxidasa principal en el cacao y es responsable de gran parte del color marrón que se produce durante la fermentación, como resultado del oxígeno que ingresa al cotiledón. El oxígeno continúa ingresando en los granos durante el proceso de secado, permitiendo que la actividad de la continúe hasta el aumento de las temperaturas y disminución de la humedad que llegan a ser los factores inhibidores.

Thompson, Miller y López (2001), menciona que las catequinas y leucocianidinas son las principales clases de polifenoles que están sujetos a la oxidación en los granos de cacao. Epicatequina constituye más del 90% de la fracción catequina total y es el principal sustrato de la polifenol oxidasa.

Los polifenoles en la configuración dihidroxi se oxidan para formar quinonas que a su vez pueden polimerizarse con otros polifenoles o complejos con aminoácidos y proteínas para producir característicos compuestos coloreados y material insoluble de alto peso molecular. La formación de estos complejos polifenólicos menos solubles reduce la astringencia y la amargura asociados con polifenoles nativos presentes en el cacao fermentado. Además, la capacidad de los polifenoles para formar complejos con proteínas resulta en la reducción de sabores desagradables.

#### **2.1.7.3.5. Métodos de Fermentación**

Ramos (2004), manifiesta que los sistemas de fermentación varían de acuerdo al volumen de producción de la finca, siendo más complejo y costoso en las producciones elevadas. (Gutiérrez 1988), (Moreno y Sánchez 1989) y (Arévalo et al., 2004), citado por Palacios (2008) señalan que existen muchos tipos o clases de instalaciones para fermentar el cacao pero las más utilizadas son las siguientes:

#### **2.1.7.3.5.1. Cajones de madera a un nivel**

Los cajones se construyen con tablones de maderas finas, preferiblemente blancas, resistentes a la humedad tales como el cedro, nogal, entre otros, que no desprendan sustancias extrañas que interfieren con la calidad final del cacao. Descansan sobre patas o largueros separados del suelo a una altura de 20 cm. Las dimensiones varían de acuerdo a la producción del predio y pueden ser de 0.60 x 0.60 x 0.60 m. ó 1.0 x 1.0 x 1.0 m.

#### **2.1.7.3.5.2. Cajones de madera tipo escalera**

Este sistema se forma con varias series de tres cajones de madera, colocados a diferentes niveles, como formando una escalera. El cacao fresco recién cosechado se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción (48 horas), la masa se vierte en el siguiente cajón y finalmente a igual tiempo la masa se vierte en el último cajón, proporcionando la aireación de la masa, condición que es de gran importancia para el normal desarrollo del proceso fermentativo.

#### **2.1.7.3.5.3. Fermentación en montón**

Se realiza un tendido de hojas de plátano sobre tablas de madera, donde se amontonan las almendras frescas y se cubren con el mismo de hojas utilizado en la base. Los montones se cubren con sacos para evitar la fuga de calor.

#### **2.1.7.3.5.4. Fermentación en sacos**

Proceso practicado comúnmente por los productores, se llenan los sacos con cacao fresco y los cuelga para facilitar el escurrido. También se procede a dejar sacos amontonados en el piso durante los días que necesite el tipo de cacao, este método no es recomendable debido a que realiza una mala fermentación afectando seriamente a la calidad sensorial del cacao.

#### **2.1.7.3.6. Remoción de masa**

El Agro (2004), menciona que la remoción de la masa es muy importante y se la debe realizar cada 48h, con la finalidad de homogenizar, airear y ayudar a elevar la temperatura de la masa en fermentación.

Saltos y Amores (2006), Argumentan que las almendras deben permanecer sin ser removidas, durante las primeras 36 horas, tiempo que dura la fase de fermentación anaeróbica; luego, es necesario voltear la masa de cacao diariamente, es decir, cada 24 horas, para permitir la liberación del CO<sub>2</sub> generado en el proceso y que su lugar sea ocupado por aire con oxígeno que garantice el proceso de oxidación.

Con los volteos se logra una fermentación uniforme entre los granos, siendo ello garantía para obtener un producto con aroma, color y sabor a chocolate, ya que en ese estado se promueve la formación de los precursores de tales características.

#### **2.1.7.3.7. Tiempo de fermentación**

Braudeau (1970), expresa que el cacao Nacional por sus características necesita una fermentación mas larga que el cacao Criollo que comúnmente se fermenta en tres días. Mientras que los del tipo Forastero necesitan un tiempo mas prolongado de cinco a siete días.

Ramos (2004), indica que el tiempo de fermentación esta relacionado con la cantidad de pulpa y concentración de polifenoles en las almendras. Además indica que mientras más violeta-oscuros sean las almendras el tiempo de fermentación se prolongara más.

#### **2.1.7.3.8. Temperatura de fermentación**

Wood (1983), menciona que en los primeros días de fermentación la temperatura de la masa varía entre 45 – 50 °C, lo que es considerado normal dentro del proceso, luego empieza a descender lentamente para volver a subir a 48 y 50 °C , luego de la segunda remoción.

Semiglia (1979), señala que las elevadas temperaturas se encuentran entre el segundo y tercer día de iniciado el proceso de fermentación llegando a obtener entre los 48° C a 51° C, considerando también que la concentración de la temperatura más elevada ocurre en la capa superior.

#### **2.1.7.3.9. Secado del cacao**

El secado es la etapa que complementa la fermentación, debido que un secado correcto, permite seguir desarrollando los precursores del sabor y del aroma. Aguilar (2013), argumenta que el objetivo principal del secado es eliminar la cantidad de humedad, completar la fase de oxidación del cacao y evaporar olores indeseables, el secado se realiza de forma lenta y gradual.

Después del proceso de fermentación las almendras contienen alrededor de 55% de humedad, la cual se debe reducir al 6% – 8% nivel necesario para su almacenamiento seguro

El secado también contribuye a la disminución del amargor y la astringencia del cacao y a reducir el riesgo de que se desarrollen olores no deseados en las almendras. Se utilizan dos métodos de secado: el natural (secado al sol) y el artificial (secadoras mecánicas).

##### **2.1.7.3.9.1. Secado natural (al sol)**

El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas, número de horas de iluminación y de la intensidad de los rayos solares. Guachamin (2007), señala el cacao en

general debe someterse a un secado lento, exponiéndose el primer día a unas tres horas en la mañana y otro tanto en la tarde, el segundo día se extienden los granos en la superficie de secado por 4 horas en la mañana y en la tarde. A partir del tercer día se secan continuamente para lograr 6% – 8 % de humedad.

Este secado puede realizarse en tendales los cuales pueden construirse de muchas formas ya sea por su tamaño o material utilizado.

Vera (1993), indica que la construcción de tendales puede ser de cemento con una ligera pendiente para facilitar el drenaje, otro tipo de tendal se construye a base de caña o de madera, con el complemento de una cubierta plástica para proteger las almendras de la lluvia.

**Gráfico N° 7**  
**Secado natural del cacao**



**Fuente:** Cubillos, Merizalde, Correa, 2008.

#### **2.1.7.3.9.2. Secado Artificial**

Enríquez (2004), argumenta que cuando las condiciones climáticas no son favorables, tiempos abundantes de cosechas o en extensiones donde no se pueda realizar un secado natural se debe considerar métodos artificiales con el fin de alcanzar el porcentaje de humedad adecuado. Hay varias alternativas de secadoras mecánicas, pero la mayoría se basa en el paso de aire seco y caliente que pasa por la masa de cacao.

El cacao absorbe fácilmente sabores y aromas externos por lo que debe evitarse el uso de equipos de secado para otros productos, el secado artificial no es muy recomendable, puesto que puede plantear dos problemas: el secado demasiado rápido y la penetración de humo a las almendras.

**Gráfico N° 8**  
**Secadora artificial estacionaria**



**Fuente:** Pérez, 2005

#### 2.1.7.3.9.2.1. Tipos de secadores

Morales (2006), indica que los tipos de secadores los podemos clasificar por el producto en que son utilizados como se describe en el cuadro N° 2.

**Cuadro N° 2**  
**Tipos de secadores**

<b>Secadores</b>	<b>Productos</b>
Secador de tambor	Leche, ciertas hortalizas
Cámara de secado al vacío	Producción limitada de ciertos alimentos
Secador al vacío continuo	Frutas y hortalizas
Secador de banda continua	Hortalizas
Secador rotatorio	Algunos productos de carne
Secadores de cabina	Frutas y hortalizas

**Fuente:** Desrosier, Norman. Conservación de alimentos.

#### **2.1.7.3.9.2.1.1. Secadores de tambor**

Los secadores de tambor usan transferencia de calor por conducción para suministrar la energía para vaporización del agua. En los secadores de tambor sencillos, el vapor se condensa dentro del tambor para constituir una fuente de calor. A medida que el tambor gira, se adhiere una delgada capa del producto sobre el tambor, velocidad de rotación del tambor se ajusta para obtener el contenido deseado de humedad en producto que una vez secado es raspado para desprenderlo del tambor por medio de una cuchilla.

#### **2.1.7.3.9.2.1.2. Secadores de plato, túnel y banda**

Los secadores de plato, túnel y banda son semejantes en que todos usan una corriente circulante de aire caliente para proporcionar la energía necesaria para el secado del producto que durante el proceso no se mueve o lo hace a velocidad muy baja, comparada con la velocidad del aire circulante.

#### **2.1.7.3.9.2.1.3. Secadores de plato**

En este secador el producto por secar se coloca en platos en el compartimiento de secado. El aire se calienta por combustión directa de un combustible, por vapor o por una bobina eléctrica. Se instalan reguladores para controlar la cantidad de aire que entra y sale del secador, regulando así la humedad dentro del secador.

#### **2.1.7.3.9.2.1.4. Secador de túnel**

Los secadores de túnel son de uso más común para la deshidratación de frutas y hortalizas. Tiene túneles de 35 pies a 50 pies de longitud con vagonetas en su interior que contienen las charolas donde es colocado el alimento. El aire caliente fluye a través de las charolas. La producción es programada de tal forma, que cuando es secada de un extremo del secador una vagoneta con producto terminado, una vagoneta de producto fresco es puesta por el otro extremo.

#### **2.1.7.3.9.2.1.5. Secadores de banda**

Estos secadores tienen un sistema de bandas que continuamente mueve el producto dentro del secador las bandas están reforzadas para permitir que el aire caliente fluya a través de ellas en forma de flujo cruzado. La energía requerida para operar los secadores de cacao, túnel o banda se pueden estimar si se conocen las propiedades de toda la masa que fluye al entrar y salir del secador.

#### **2.1.7.3.9.2.1.6. Secadores de cabina**

Es un secador adiabático que consiste en una cámara en las cuales se colocan bandejas con el producto, en los secadores grandes las charolas son colocadas sobre vagonetas para facilitar su manejo: en los secadores pequeños las charolas pueden ponerse sobre soportes permanentes en el secador.

El aire es enviado por un ventilador y pasa por un calentador, y después a través de las charolas del material que se esta secando.

El secador de cabina es, por lo general, el menos caro de construir, es fácil de mantener y es bastante flexible. Comúnmente es usado para estudios de laboratorio en la deshidratación de hortalizas y frutas.

#### **2.1.7.3.10. Almacenamiento**

INTA (2009), indica que el cacao está listo para su almacenamiento cuando alcanza de 6% a 7% de humedad, esté libre de materiales extraños y daños por insectos o granos quebrados. Esto se logra mediante un proceso de escogida o selección del cacao. Con estas condiciones el cacao se puede almacenar hasta por un año sin bajar su calidad.

### **2.1.8. Calidad del cacao**

Pons y Sivardiere (2002), expresan que el termino “calidad” es una de las palabras más utilizadas desde hace algunos años. La calidad se ha convertido en un tema de investigación en la actualidad no solo de personas sino de sociedades y organismos enfocados en el beneficio del cacao.

#### **2.1.8.1. Definición de calidad**

Amores (2004), define la calidad como el conjunto de propiedades y características de un producto con el propósito de satisfacer las necesidades de los usuarios. FAO (2005), indica que la calidad debe considerarse una característica de los alimentos que determinan su valor y aceptabilidad de parte de los consumidores. Graziani (2003), expresa que la calidad del cacao depende de las exigencias del mercado y del fin a que se destine, siendo el cacao la materia prima para la elaboración de chocolates.

#### **2.1.8.2. Calidad física de las almendras de cacao**

Enríquez (1995) y Pastorelly (1992), indican que la calidad física se enfoca principalmente en la presentación externa del grano, además se relaciona con la clasificación que dan los países compradores y fabricantes de chocolate a las almendras de cacao por su apariencia, grado de fermentación, humedad, materiales extraños, mohos entre otros.

Enríquez, (1966), citado por Solórzano (2007), menciona que uno de los requisitos de calidad es que las almendras posean un peso mínimo promedio de 1,2g. El índice promedio de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1,26g. el de Ghana, considerado el referente mundial para la calidad, posee un promedio de 1,15g.

### 2.1.8.3. Prueba de corte

Palacios (2008), argumenta que es una prueba que se utiliza para determinar el grado de fermentación de las almendras. Es recomendable que su aplicación se realice en un tiempo máximo de 30 días, para evitar la oxidación que puede continuar durante su almacenamiento.

INEN (2006), en su norma 176, establece que el cacao en grano del tipo CCN-51 que ha recibido una fermentación adecuada debe satisfacer los siguientes requisitos: 0% - 5 % de almendras pizarrosas, 1% - 18% de almendras violetas, además indica que el porcentaje mínimo de granos fermentados debe ser 76%.

**Cuadro N° 3**  
**Requisitos de calidad del cacao en grano**

REQUISITOS	UNIDAD	ARRIBA					CCN51
		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	105-110	135-140
Buena fermentación (mín.)	%	75	65	60	44	26	***65
Ligera fermentación* (mín.)	%	10	10	5	10	27	11
Violeta (máx.)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso (pastoso) (máx)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máx.)	%	1	1	2	3	4	1
TOTALES ( análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos ( análisis sobre 500 gramos) (máx).	%	0	0	1	3	**4	1
TOTAL FERMENTADO (mín.)	%	85	75	65	54	53	76
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.							
*** La coloración varía de marrón a violeta							

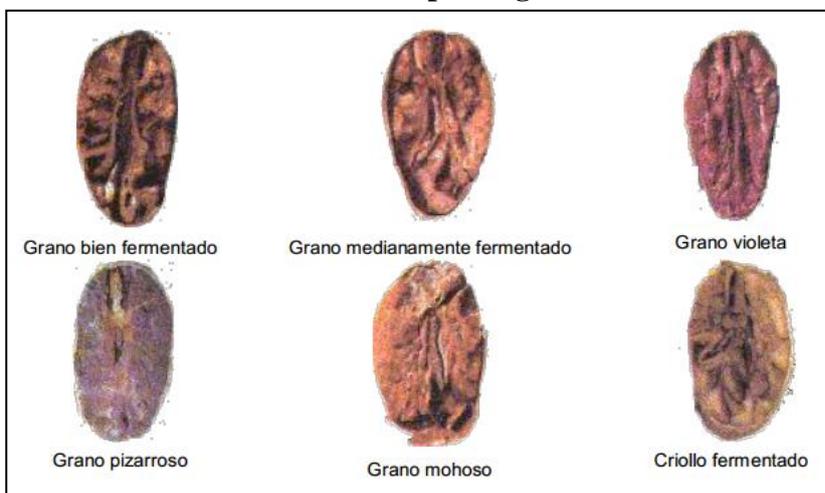
**Fuente:** INEN, 2006

Jiménez (2003), indica que los resultados de la prueba de corte permiten realizar una clasificación de las almendras en las clases que se describen a continuación:

- Almendras de color marrón o café: poseen una fermentación completa, los ácidos han causado la muerte del embrión y apertura de las vacuolas celulares de pigmentación.

- Almendras marrón con bordes violetas: han sufrido solo una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado completamente, el cotiledón está algo intacto y la testa moderadamente suelta.
- Almendras violetas: son aquellas que no han fermentado completamente, contiene un exceso de acidez procedente de la pulpa, las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, son de un sabor astringente y ácido.
- Almendra pizarrosas: las almendras no han logrado fermentar, la compactación es extrema y producen sabores amargos y astringentes.

**Gráfico N° 9**  
**Clasificación de las almendras por el grado de fermentación**



**Fuente:** INEN, 2006

#### **2.1.8.4. Composición química del grano de cacao**

Amores, Palacios, Jiménez y Zhang (2009), señalan que la composición química de los granos del cacao depende de varios factores como: el tipo de cacao, grado de madurez, origen geográfico y el grado de fermentación. Los principales componentes químicos del cacao se describen en cuadro N° 4.

**Cuadro N° 4**  
**Composición de los granos de cacao en porcentaje**

<b>Componentes</b>	<b>Fermentado y Seco (%)</b>	<b>Cascara (%)</b>	<b>Germen o radícula (%)</b>
Agua	5.00	4.50	8.50
Grasa	54.0	1.50	3.50
Cafeína	0.20		
Teobromina	1.20	1.40	
Polihidroxifenoles	6.00		
Proteína bruta	11.5	10.9	25.1
Mono – oligosacáridos	1.00	0.10	2.30
Almidón	6.00		
Pentosas	1.50	7.00	
Celulosa	9.00	26.5	4.30
Ácidos carboxílicos	1.50		
Otras sustancias	0.50		
Cenizas	2,60	8.00	6.30

**Fuente:** Betilz y Grosch, citados por Calderón (2002)

#### **2.1.8.4.1. Grasa**

El contenido de grasa depende del tipo de cacao como se observa en el cuadro N° 5, según Amores et al., (2009), usualmente su contenido varía del 50% al 55% en cacao fresco, mientras que en licor de cacao encontramos entre 48% y 52%.

Calderón (2002), indica que el principal ácido graso de la manteca de cacao es el ácido esteárico. Wakao (2002), argumenta que también existe presencia glicéridos como el ácido oleico, láurico y palmítico. La cantidad de grasa presente en el cacao, es una cualidad muy importante que se toma en cuenta para la elaboración de chocolate.

**Cuadro N° 5**  
**Porcentaje de grasa y punto de fusión de muestras de tres grupos genéticos de cacao**

<b>Material</b>	<b>Grasa %</b>	<b>Punto de fusión</b>
Clones recomendados por el INIAP	52.76	29.63
Complejo Nacional x Trinitario	53.43	31.50
Cacao Trinitario	51.80	30.57

**Fuente:** Amores, Palacios, Jiménez y Zhang. 2009.

#### **2.1.8.4.2. Carbohidratos**

Calderón (2002), indica que los carbohidratos presentes en el cacao, se componen en su mayor parte de almidón. Como carbohidratos solubles se han evidenciado estaquinonas, rafinosa y sacarosa (0,08% - 1,5%), además de la presencia de azúcares como glucosa y fructosa.

#### **2.1.8.4.3. Concentración de polifenoles**

Calderón (2002), indica que los polifenoles se encuentran en casi todos los alimentos, participando activamente en las modificaciones bioquímicas en el interior de las almendras durante la fermentación. La astringencia y amargor depende altamente al contenido de compuestos fenólicos. Si la fermentación es llevada adecuadamente, la concentración de polifenoles totales en el grano de cacao, se reduce en un 40%.

#### **2.1.8.4.4. Acidez**

Armijos (2002), menciona que el contenido de ácidos orgánicos varía entre 1,2% – 1,6%, los cuales aportan a la calidad sensorial del cacao. Entre los ácidos formados durante la fermentación tenemos ácido acético y cítrico, que se destacan por su mayor presencia.

Deben tomarse precauciones necesarias para evitar la acidez excesiva del cacao fermentado que se produce al aumentar los días de fermentación, lo cual afecta y disminuye la calidad sensorial del cacao. Sin embargo existen diferencias en la acidez dependiendo de las zonas geográficas del origen del cacao como se muestra en el cuadro N° 6.

**Cuadro N° 6**  
**Promedios de acidez titulable de almendras de cacao provenientes de varias zonas del Ecuador**

Días de fermentación	Fincas		
	Chone	Naranjal	Ventanas
0 días	0.96	0.71	0.83
2 días	1.17	1.86	1.52
4 días	1.62	2.09	1.92
5 días	2.37	1.75	2.11

**Fuente:** Armijos. 2002

#### 2.1.8.4.5. pH

La fermentación causa cambios en la magnitud de pH de la testa o cascarilla y de los cotiledones, inicialmente el pH de las almendras frescas es de 3,5 en la pulpa y de 6,5 en el cotiledón. Armijos (2002), indica que el pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango desde 5,1 a 5,4 cualquier cacao con pH menor a 5,0 indica presencia de ácidos volátiles indeseables que dan al producto de aromas desagradables, que perjudican a la producción del chocolate.

#### 2.1.8.4.6. Teobromina y cafeína

La teobromina y cafeína pertenecen a la familia de las purinas y representa el 99% de los alcaloides presentes en el cacao. Durante la fermentación, el contenido de teobromina y cafeína se reduce entre el 20% y el 30%. Braudeau (1970), indica que el amargo del cacao está influenciado en gran parte por el contenido de purinas (teobromina y cafeína) y en menor grado por los compuestos fenólicos.

El contenido de teobromina y cafeína varía de acuerdo con el tipo de granos y el grado de fermentación. En cuanto a la teobromina las almendras contienen entre 1% a 4% de esta, mientras que el contenido de cafeína varía entre 0,1% – 0,5%.

#### **2.1.8.5. Calidad organoléptica del grano**

Graziani (2003), indica que el cacao debe desarrollar el aroma y el sabor característico, estas cualidades se desarrollan solamente cuando las almendras, debidamente fermentadas y secadas pasan el proceso de torrefacción.

Romero, citado por Sánchez (2007), indica que los fabricantes de chocolate realizan pruebas complejas para determinar las cualidades organolépticas del grano. En los cacaos finos, tratan de encontrar delicados matices de sabor y en los básicos se preocupan más de que no tengan sabores extraños.

##### **2.1.8.5.1. Evaluación sensorial del licor de cacao**

Jiménez (2003), indica que la evaluación sensorial es un método utilizado por un grupo de panelistas previamente entrenados para medir analizar e interpretar las características de los alimentos, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato y gusto, en una muestra de pasta de cacao preparada.

##### **2.1.8.5.2. Degustación de la pasta de cacao**

Sancho, citado por Palacios (2008), indica que degustar un alimento o catarlo consiste en probarlo con la finalidad de valorar su calidad organoléptica. La palabra CATA de origen griego es sinónimo de prueba, mediante con la cual un degustador, valora sensorialmente un alimento a través de su gusto, color, textura, comparándolos con modelos establecido.

##### **2.1.8.5.3. Aroma**

Jiménez (2003), argumenta que el aroma es considerado como la sensación percibida mediante el órgano olfativo (la nariz) por vía retro nasal, estimulado por sustancias volátiles que emanan del cacao como consecuencia del tostado. Es necesario controlar que

el cacao no obtenga una sobre fermentación lo que daría como resultado un olor ácido fuerte afectando a la calidad del producto.

#### **2.1.8.5.4. Sabor**

Calderón (2002), indica que sabores como el amargor, astringencia, acidez, azucarado, se presentan en las almendras debido a la presencia de compuestos no volátiles como los alcaloides y polifenoles. El sabor es una sensación que se percibe en las papilas gustativas de la lengua y en la pared de la boca. La astringencia de las almendras disminuye a medida que avanza la maduración de las mazorcas, esa es la razón por la que hay que evitar la cosecha de mazorcas pintonas que puedan afectar la calidad del producto fermentado.

Jiménez (2003), manifiesta que los sabores más frecuentes que se pueden encontrar en una degustación en licor de cacao, son los siguientes:

##### **2.1.8.5.4.1. Sabores básicos**

Los sabores básicos se clasifican en:

- **Acidez:** describe aquellas muestras con un sabor ácido persistente, debido a la presencia de ácidos volátiles y no volátiles, se percibe a los lados y centro de la lengua. Referencia: frutas cítricas y vinagre.
- **Amargor:** describe un sabor fuerte y amargo, generalmente por la falta de fermentación, se percibe en la parte posterior de la lengua o en la garganta. Referencia: café, cerveza, toronja.
- **Astringencia:** describe un sabor fuerte por la falta de fermentación, provoca sequedad en la boca, aumento de salivación, se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. Referencia: cacao no fermentado, mango verde hojas de plátano.
- **Dulce:** describe un sabor agradable parecido al agua azucarado, se percibe en la punta de la lengua.

#### **2.1.8.5.4.2. Sabores específicos**

Los sabores específicos se clasifican en:

- Cacao: describe el sabor típico de granos de cacao bien fermentados, secos y libres de defectos. Referencia: barras de chocolate, cacao bien fermentado.
- Floral: describe sabores a flores. Referencia: lilas, violetas, flores de cítricos
- Frutal: describe sabor a fruta madura muy agradable. Referencia: fruta seca madura, fruta cítrica madura y seca.
- Nuez: describe el sabor de almendra y nuez.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo de los Colorados, en las instalaciones de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Km 4 ½ vía a Chone y Avenida Italia, coordenadas geográficas - 0° 14' 27.80", -79° 12' 35.13".

#### 3.2. Tipo de investigación

Para realizar la presente investigación se ha tomado en cuenta tres criterios principales:

- De acuerdo a la profundidad del estudio
- De acuerdo a la intervención del investigador de la investigación
- De acuerdo a la conducta de las variables entre si.

Tomando en cuenta los criterios anteriores se determinó que el diseño para la presente investigación fue la combinación:

- Experimental - No Observacional - Relacional

##### 3.2.1. Experimental

La investigación es experimental por las variables planteadas puestas a prueba para ver su efecto en las características de calidad del cacao CCN-51.

### **3.2.2. No Observacional**

La investigación es no observacional debido a que se modificaron las variables para obtener diferentes resultados.

### **3.2.3. Racional**

La investigación es racional debido a que las variables se relacionan directamente o inversamente entre ellas, es decir muestra una casualidad causa – efecto

## **3.3. Métodos de Investigación**

En la presente investigación se aplicaron los siguientes métodos:

### **3.3.1. Método inductivo**

Mediante la utilización de este método se toma como fuente de estudio el problema mediante la búsqueda y agrupación de información para lograr así obtener conclusiones generales

### **3.3.2. Método estadístico**

Con la aplicación de este método nos permite cuantificar los resultados obtenidos mediante análisis de la investigación.

### **3.3.3. Método experimental**

El presente método se basa en establecer relación causa – efecto entre los distintos tratamiento aplicados.

### **3.4. Fuentes y técnicas de investigación**

#### **3.4.1. Fuentes**

Las fuentes a las que se utilizó para la obtención de información en la presente investigación fueron fuentes primarias como: libros y consultas a personas que tengan conocimiento en cuanto al proceso de fermentación de cacao y fuentes secundarias como son folletos, revistas científicas e internet con el fin de obtener información acerca del tema propuesto.

#### **3.4.2. Técnicas**

Las técnicas que se aplicaron para la realización de los objetivos planteados en la investigación fueron: encuestas, revisión de documentos, consultas a especialistas, consultas a internet y ensayos de campo

### **3.5. Variables**

#### **3.5.1. Variables independientes**

Enzima Polifenol oxidasa presente en la naranjilla

Levadura *Saccharomyces cerevisiae*

Tiempos de fermentación

#### **3.5.2. Variables dependientes**

Aroma

Sabor

Porcentaje de fermentación

Porcentaje de teobromina

Acidez

pH

Costo – beneficio

### 3.6. Diseño Experimental

En esta investigación se aplicó un DCA con tres repeticiones. Para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó comparaciones ortogonales de forma independiente sin comprobar la ortogonalidad con la ayuda del programa InfoStat.

#### 3.6.1. Tratamientos

**Cuadro N° 7**  
**Identificación y codificación de los tratamientos a evaluar**

TRATAMIENTO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	E 5d	Enzimas x 5 días
2	E 7d	Enzimas x 7 días
3	L 5d	Levaduras x 5 días
4	L 7d	Levaduras x 7 días
5	E-L 5d	Enzimas + Levaduras x 5 días
6	E-L 7d	Enzimas + Levaduras x 7 días
7	T 5d	Testigo x 5 días
8	T 7d	Testigo x 7 días

(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; N cacao nacional)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

#### 3.6.2. Análisis funcional

**Cuadro N° 8**  
**Esquema del adeva**

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	23
Tratamientos	7
Error experimental	16

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

### **3.7. Manejo del experimento**

#### **3.7.1. Materiales equipos e instalaciones**

Los materiales y equipos que se utilizaron en la investigación fueron:

##### **3.7.1.1. Materiales**

- Cajas de madera
- Baldes
- Machetes
- Balanza de mano
- Paletas de madera
- Platos para pesar
- Fundas plásticas
- Vasos plásticos
- Escoba

##### **3.7.1.2. Equipos**

- Balanza gramera
- Termómetro de mercurio
- Termómetro digital
- Licuadoras
- Estufa
- Medidor de pH

##### **3.7.1.3. Instalaciones**

- Tendal de cemento cubierto con cubierta tipo marquesina

- Laboratorio

#### 3.7.1.4. Materia prima

- Cacao CCN-51
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*
- Enzima polifenol oxidasa presente en la naranjilla

#### 3.7.2. Análisis de variables

##### 3.7.2.1. Análisis Físico – Químicos

Las variables analizadas en el presente experimento fueron las siguientes:

- **Porcentaje de fermentación:** esta variable se realizó en INIAP “Estación Experimental Tropical Pichilingue” a través de la prueba o ensayo de corte. (Ver Anexo N° 1)
- **Humedad:** se realizó en las instalaciones del laboratorio de la UTE siguiendo las indicaciones establecidas en la norma INEN 173 (Ver Anexo N° 2)
- **pH:** para la medición de pH se usó un potenciómetro digital (Mettler Toledo), previa calibración de potenciómetro, se enjuagó el electrodo con agua destilada y se secó cuidadosamente, el potenciómetro se calibro con buffer pH 7 y buffer pH 4, posteriormente el electrodo se introdujo en la muestra y se leyó el pH.
- **Teobromina:** para la variable de teobromina se realizo los análisis en INIAP “Estación Experimental Santa Catalina” de acuerdo al método de referencia AOAC 980.14-1998. (Ver Anexo N° 3)
- **Acidez:** la determinación de acidez titulable se realizó por volumetría, se hizo la titulación con una solución valorada de hidróxido de sodio 0,01N, se transfirieron 10 ml en un matraz Erlenmeyer y se adicionó 4 gotas de solución de fenolftaleína. Posteriormente se tituló la muestras hasta que se mantuvo el vire al color rosa por 1

minuto. La acidez titulable es expresada como porcentaje del ácido acético y es calculada por medio de la formula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{V_{NaOH} * N_{NAOH} * meq_{\text{ácido}}}{V} * 100$$

### **3.7.2.2. Análisis organoléptico.**

Para validar la aceptación de los tratamientos en cuanto a las variables organolépticas se realizaron evaluaciones sensoriales, que consistieron en degustar cada una de las muestras, utilizando los sentidos del olfato y el gusto.

Las evaluaciones sensoriales fueron realizadas por un panel de 5 catadores.

#### **3.7.2.2.1. Aroma**

Para la evaluación del aroma se utilizo la metodología aplica por Ortiz (2012) y Aguilar (2013). (Ver Anexo N° 4)

#### **3.7.2.2.2. Sabor**

En los perfiles de sabores (básicos y específicos), individualmente se calificó la degustación usando una escala internacional de 0 a 10 puntos, siguiendo la metodología de Braudeau (1970), (Ver anexo N° 5)

A continuación se identifican los sabores básicos y específicos, utilizados en esta investigación:

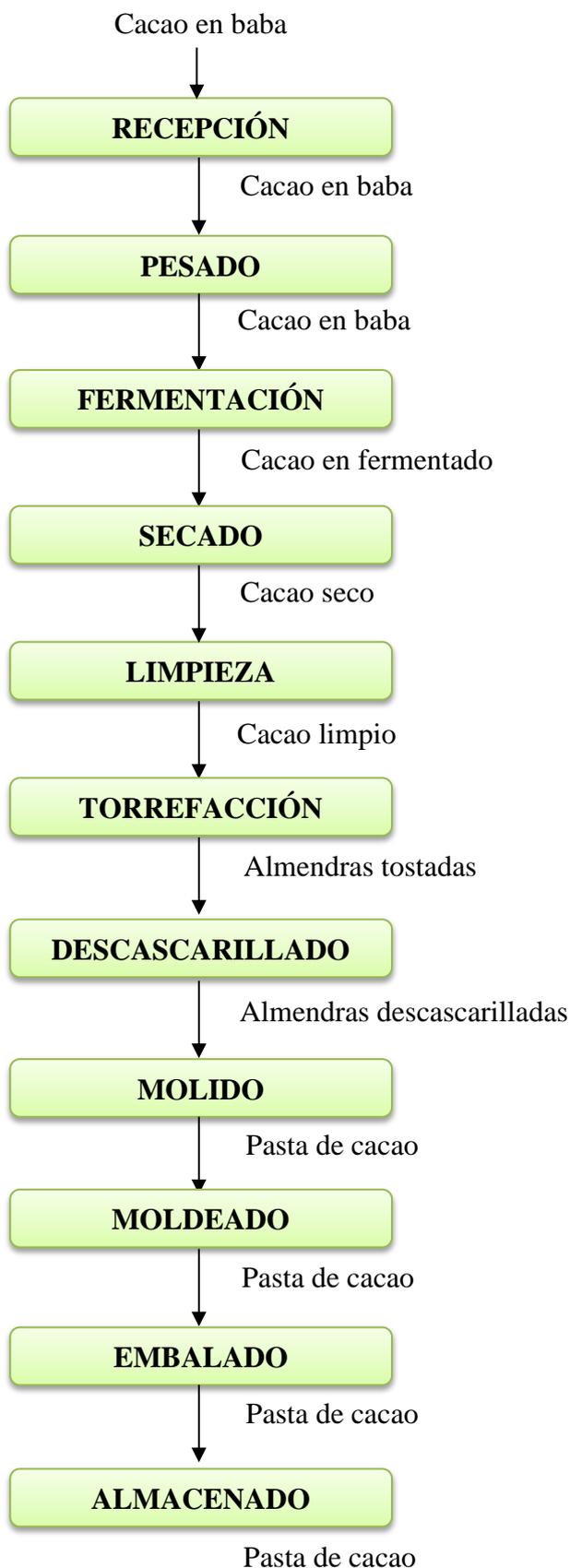
#### **3.7.2.2.1. Sabores básicos**

- Acidez
- Amargor
- Astringencia
- Dulce

#### **3.7.2.2.2. Sabores específicos**

- Cacao
- Floral
- Frutal.
- Nuez

### 3.8. Diagrama de flujo cualitativo



### **3.9. Descripción del diagrama de flujo cualitativo**

#### **Recepción**

La recepción se la realiza con una inspección visual procurando verificar que no exista presencia de monilla, placenta o cuerpos extraños.

#### **Pesado**

Se procede a realizar el pesado utilizando una balanza electrónica digital de 15kg / 33lb marca Camry con el objetivo de calcular el respectivo redimiendo durante el proceso de fermentación.

#### **Fermentación**

Antes de ser secadas inmediatamente después de ser extraídas de las mazorcas, las habas frescas de cacao deben sufrir una serie de transformaciones y reacciones que debe suceder en la fermentación de la pulpa que envuelve a los granos, desproveerlas de la pulpa mucilaginosa que la rodea, provocar la muerte del embrión y por consiguiente impedir la germinación y desencadenar profundas modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones.

Estas modificaciones bioquímicas se traducen por la hinchazón de los cotiledones, por la desaparición de su color purpura y la aparición de un color pardo característico de un cacao bien elaborado. Además tiene como consecuencia una disminución al amargor y la astringencia y permite el desarrollo de los precursores del aroma. La fermentación se realizó durante siete días en cajas de madera rectangulares con remociones cada 48 horas.

La fermentación fue realizada durante 5 y 7 días en cajas de arrayan, con la adición de la enzima polifenol oxidasa presente en la naranjilla, utilizando como referencia el estudio de

Navia y Pazmiño (2012) quienes recomiendan una dosificación de 5% al 7,5 % en base a la masa total del cacao fresco.

## **Secado**

El secado tiene la finalidad de eliminar el contenido de H<sub>2</sub>O en un 60% aproximadamente de las habas fermentadas y bajar el contenido de humedad hasta un 6% o 7% para asegurar una buena conservación.

Se debe tener presente que en el transcurso de los primeros días del periodo de secado las reacciones internas, que afectan principalmente a los poli fenoles de los cotiledones y que han comenzado durante la fermentación deben continuarse y condicionan en gran parte la calidad final del producto y su aroma. Las condiciones de secado deben ser adaptadas a las condiciones de fermentación estando ambas operaciones extremadamente ligadas. Por eso en la descripción de un método de preparación de cacao debe constar necesariamente la descripción de las dos fases: fermentación y secado.

El proceso de secado desarrollado durante la investigación fue un secado natural con la utilización de un tendal cubierto tipo marquesina.

## **Limpieza**

Cuando las habas van a entrar al proceso de tostado deben ser limpiadas antes con la finalidad de eliminar impurezas, cuerpos extraños o simplemente polvo.

## **Torrefacción o tueste**

Una vez limpio se procede al tueste o torrefacción, el cual es un proceso fundamental por el cual se desarrolla el aroma del cacao, se eliminan los ácidos volátiles y se reduce la

humedad del grano. Si el cacao ha entrado en este proceso con un 6% a 8% de humedad saldrá de él con 1% a 2%. La torrefacción se la desarrollo de forma artesanal controlando la temperatura con termómetro digital y laser para obtener un promedio. Plúas (2008), indica que la torrefacción debe realizarse a 150 °C y el tiempo estará en función de la humedad del cacao.

Según la procedencia y tipo del producto que se quiera elaborar se elegirá el método de torrefacción adecuado. Muy lentamente la operación puede durar hasta 45 minutos según las maquinas.

### **Descascarillado**

Para facilitar el descascarillado en primer lugar se procede a la trituración para lograr trocear en formas más pequeñas el cacao, en la presente investigación la separación de la cascarilla se la realizó manual. En las industrias una vez triturado pasa por unos tamices de distintos tamaños que los separan en tres grupos para de ese modo tener cacao limpio y lograr separar la cascarilla con ventilación.

### **Molido**

Las funciones del molido y calentamiento dejan el cacao convertido en una masa fluida que permite trasladarlo. Así se logra la masa o pasta de cacao, proceso intermedio con el que pueda elaborarse el chocolate o cacao en polvo. Durante la investigación los cotiledones triturados sin cascarilla se colocaron en un molino marca Champion Modelo G5-PG-710 de 1/3 HP y 1725 R.P.M.

### **Moldeado**

El paso de moldeado consiste en dosificar la pasta antes que se enfríe, colocando en fundas de polietileno o en moldes de acuerdo a las exigencias del mercado, permaneciendo hasta que se enduren y se enfríen.

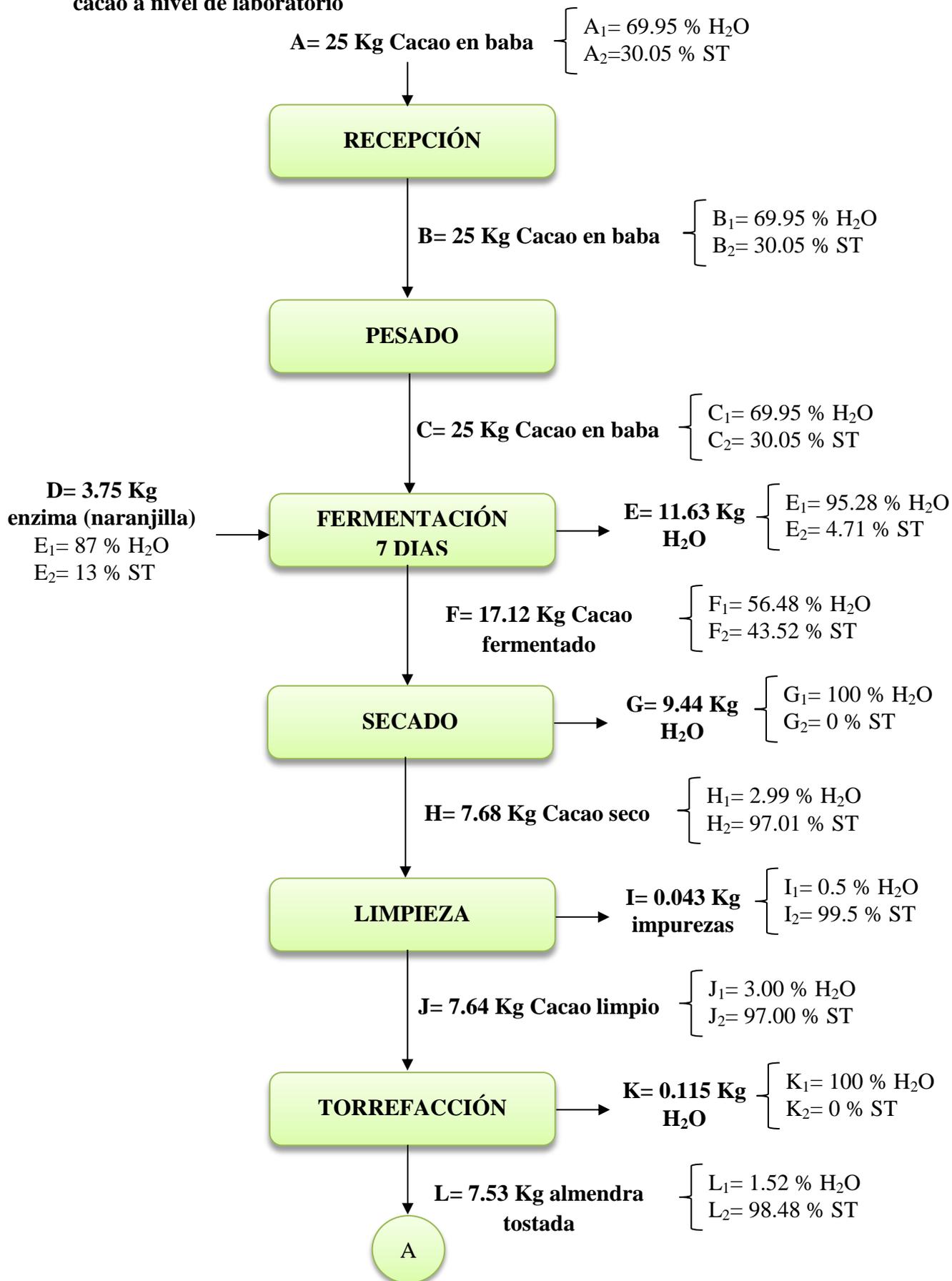
**Embalado**

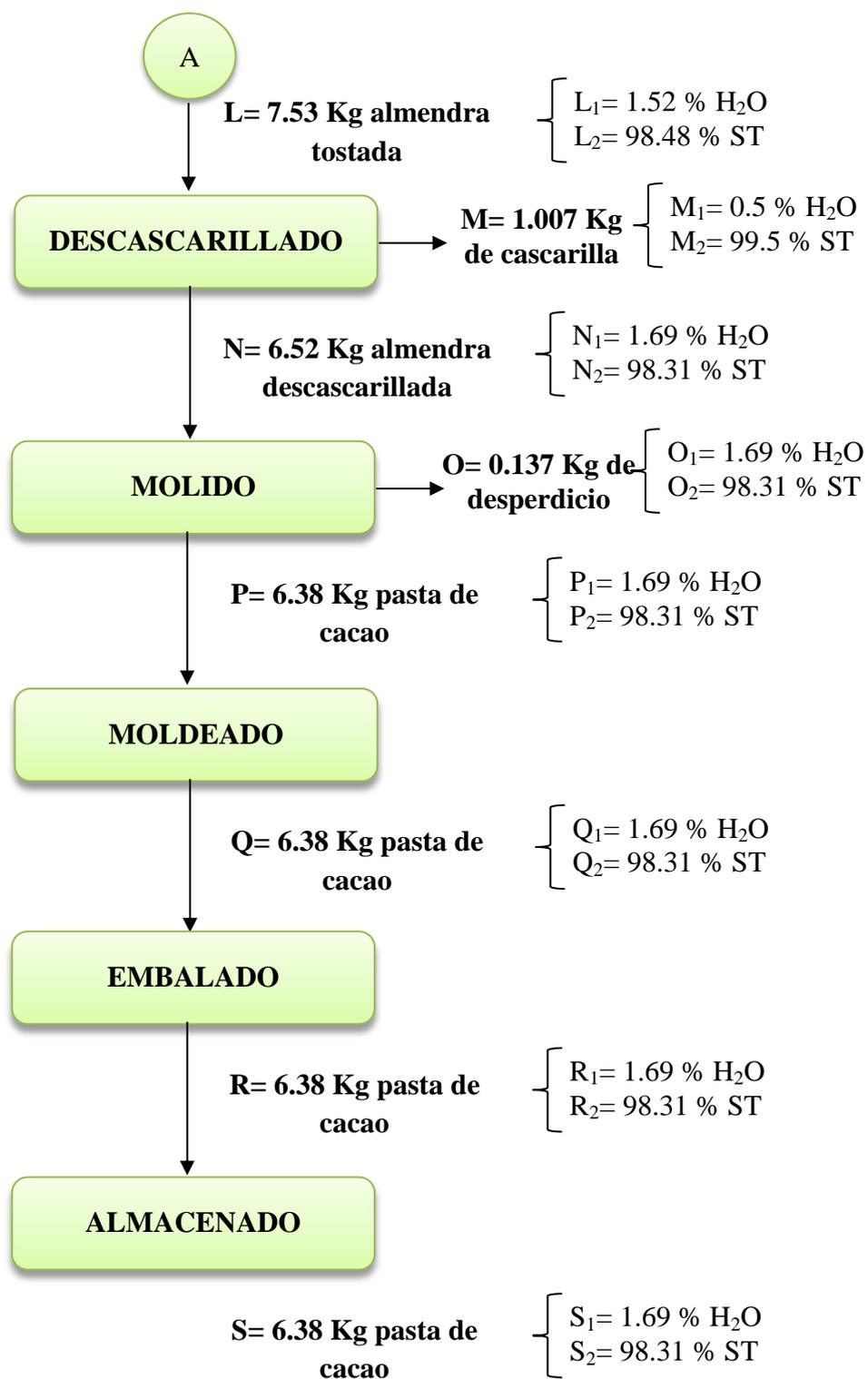
En este paso se procede a envolver la pasta en papel aluminio y luego llevarlo dentro de una funda plástica como envoltura final con lo cual se evita la entrada de humedad y seguridad del producto.

**Almacenado**

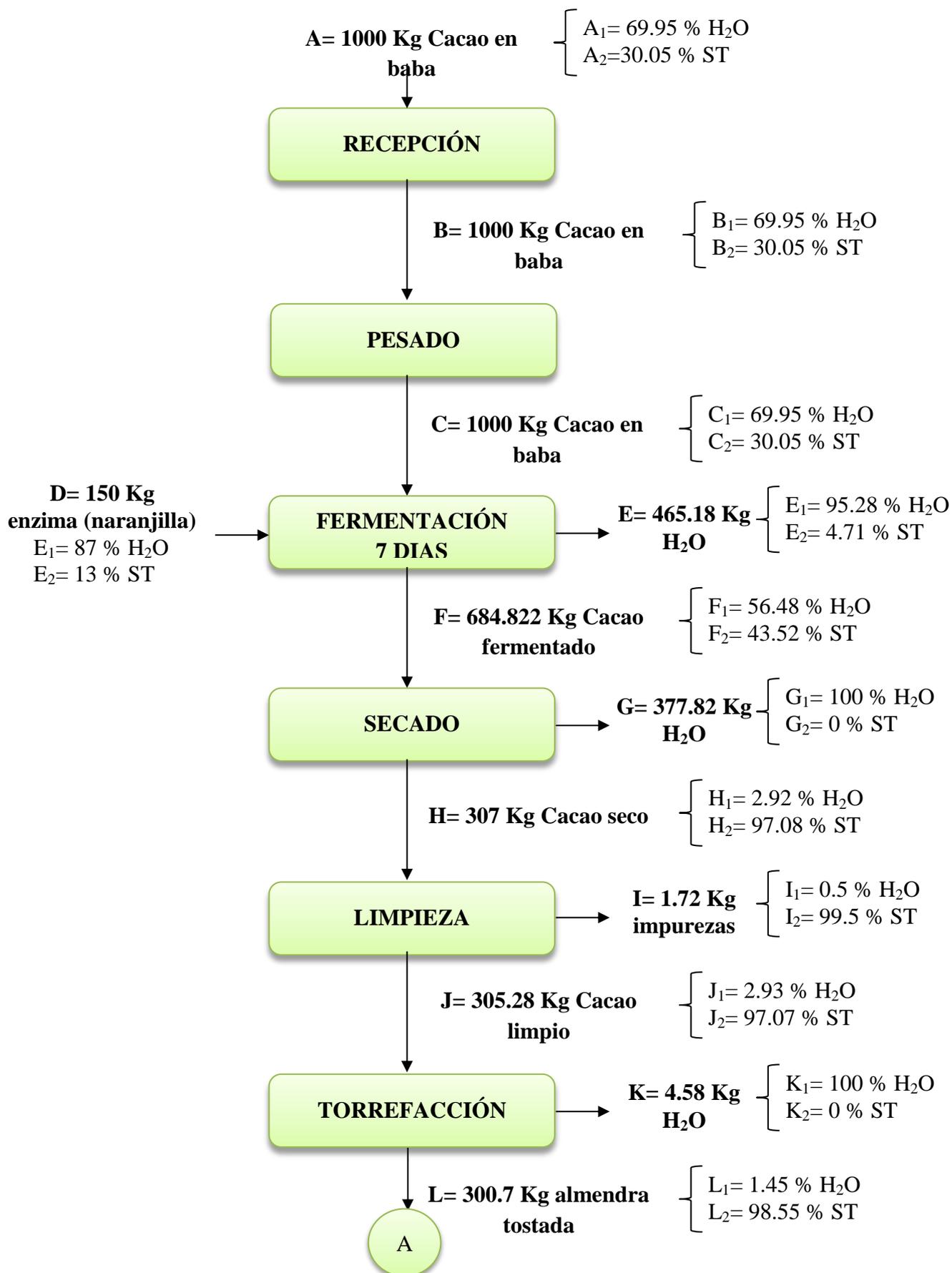
Se almacena los bloques de pasta en un lugar fresco y aséptico lo cual garantizara la calidad y conservación del producto.

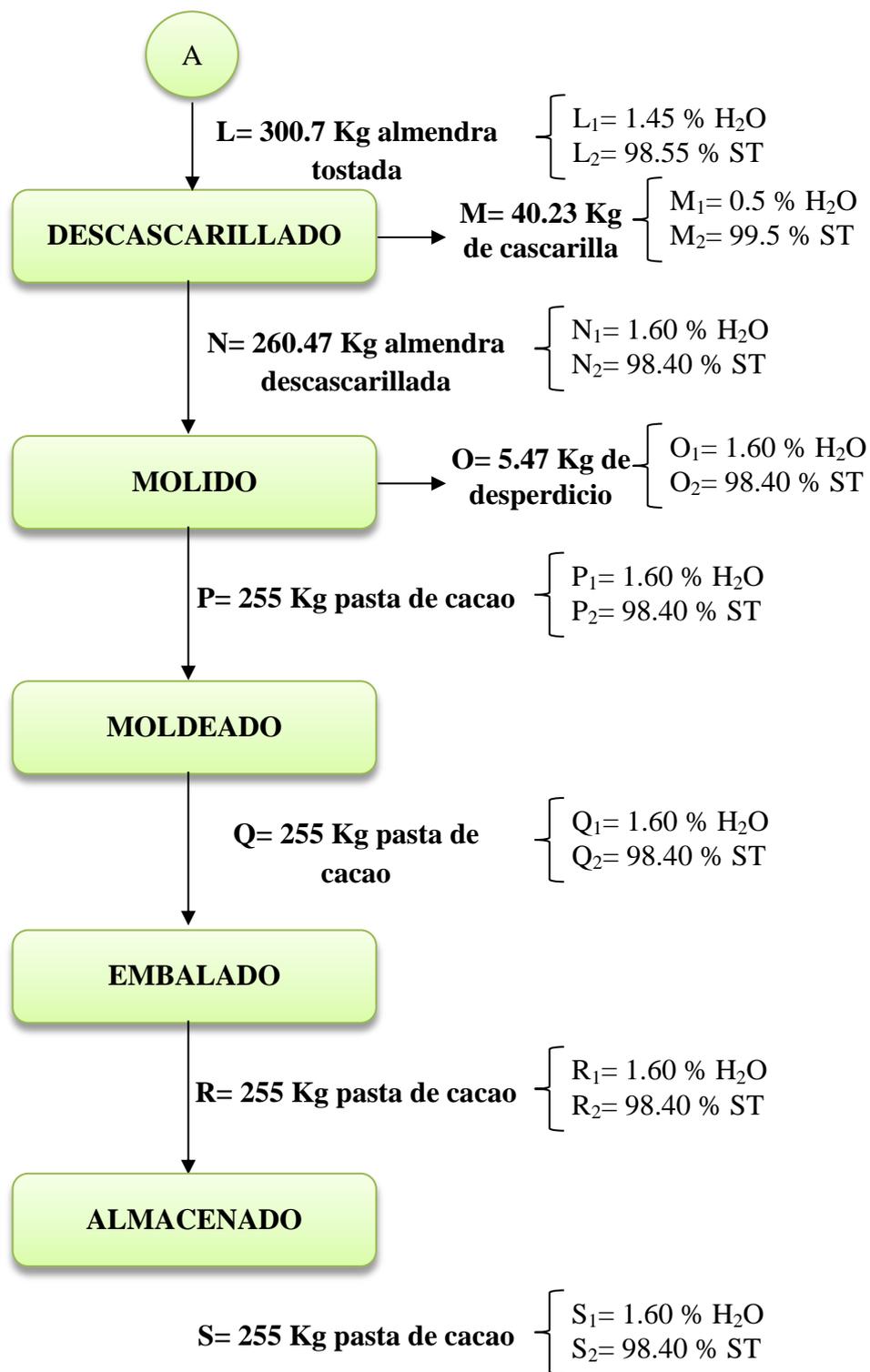
### 3.10. Diagrama de flujo cuantitativo para la fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel de laboratorio





### 3.11. Diagrama de flujo cuantitativo para la fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel piloto





### 3.12. Descripción del balance de materia y energía

El balance de materia del proceso de fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel de laboratorio (Ver Anexo N° 6) y a nivel piloto (Ver Anexo N° 7), nos demuestra que durante el proceso ingresa cacao en baba con un 69,95% de humedad y enzima PPO-naranja con 87% de humedad.

Durante el transcurso del proceso se produce la eliminación de agua durante las etapas de fermentación, secado y torrefacción, de la misma manera una eliminación de impurezas, cascarilla y desperdicio durante las etapas de limpieza, descascarillado y molido respectivamente.

Finalmente obteniendo un producto en este caso pasta de cacao con 1,69% de humedad y 98,31% de sólidos totales, alcanzando un rendimiento de 22,2%.

En cuanto al balance de energía (Ver anexo N° 8) se realizó el proceso de torrefacción con una muestra de cacao de 10 Kg con 4.61% de humedad, durante el proceso se alcanzó una temperatura interna de 97 °C, temperatura de las paredes frontales de 120 °C y temperatura de las paredes laterales de 115°C.

A nivel de planta piloto tomando como base de cálculo 1000 Kg necesitamos 479.20 Kw para reducir el porcentaje de humedad del grano de cacao seco de 4.61% a 1.56%, de lo cual se aprovecha 460.08 Kw y se desperdicia 19.12Kw, con un consumo de 34.5 Kg de gas (50% butano 50% propano). Obteniendo una eficiencia de 92.51% dentro del equipo.

Las características del torrefactor fue diseñado de una capacidad de 100kg/h, de acero inoxidable AISI 304, con un espesor de cilindro de 3 mm, con la utilización de GLP.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Porcentaje de fermentación

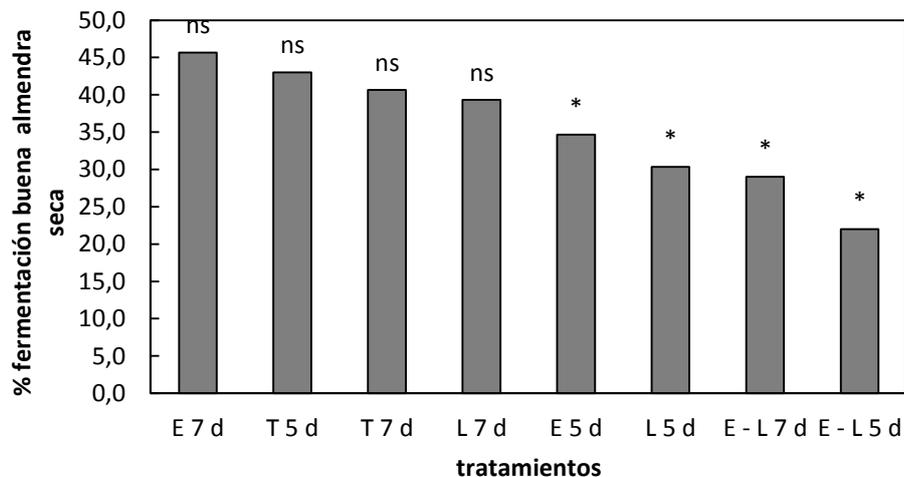
En referencia a Ramos (2004), señala que la proporción de almendras fermentadas en relación con las no fermentadas debe superar el 75%.

Para comprender el porcentaje de fermentación se evaluó 24 muestras de cacao fermentadas con la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y una mezcla de la enzima y levadura por cinco y siete días con sus respectivos testigos.

Los resultados indican que la muestra E 7-d presentó el mayor porcentaje de fermentación buena (45,67%), seguido del T5-d (43%), T 7-d (40,67%) y L 7-d (39,33%), muestras que se comportaron de forma similar diferenciándose estadísticamente del resto de muestras (Gráfico N° 10), de las cuales la muestra E-L 5d obtuvo el valor mas bajo (22%). El promedio general de fermentación buena fue de 35,58% y un coeficiente de variación de 15,22%. (Ver Anexo N° 9)

Los tratamientos se encuentran bajo el rango establecido en la Norma INEN 176 que establece 65% mínimo para fermentación buena para cacao CCN-51, recalando que entre los tratamientos encontramos la muestra E 7-d la cual alcanza un valor de 45,67% (Ver Anexo N° 9). Sánchez (2007), obtuvo en su estudio como promedio 37% para fermentación buena valor similar al obtenido en la presente investigación.

**Gráfico N° 10**  
**Porcentaje de fermentación (buena)**



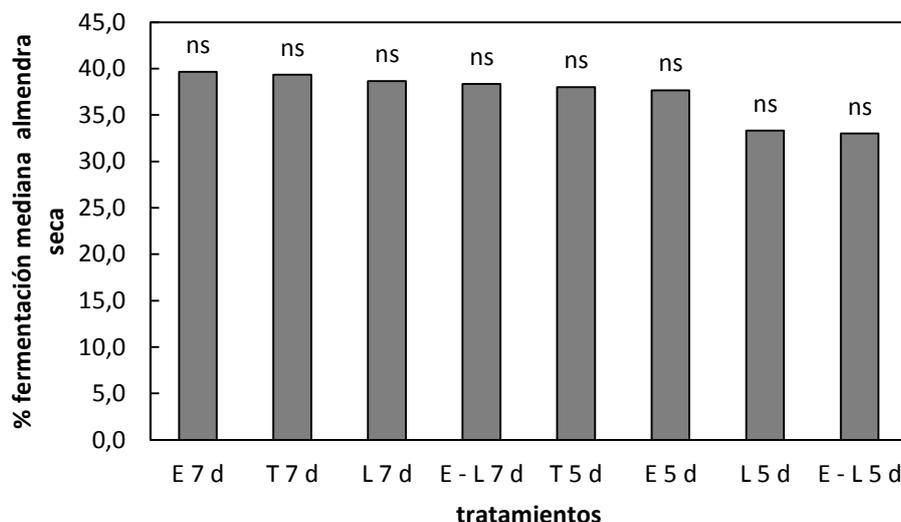
(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

En el análisis de varianza para el porcentaje de fermentación media (Ver Anexo N° 10), no se detecto diferencias estadísticas para los tratamientos (Gráfico N° 11), sin embargo presento diferencias numéricas. La muestra E 7-d alcanzó el nivel mas alto (39,67%), mientras que la muestra E-L 5d presentó el valor mas bajo (33%). Con un promedio general de fermentación media de 37,25% y un coeficiente de variación de 14,48% (Ver Anexo N° 9).

De acuerdo a la Norma INEN 176, establece para cacao CCN-51 como mínimo 11% de fermentación media parámetro que en la presente investigación se encuentra dentro del rango, al ubicarse sobre el valor mínimo establecido. Sánchez (2007), reporta valores parecidos en su estudio con un promedio de 47,90% y un coeficiente de 19,35%.

**Gráfico N° 11**  
**Porcentaje de fermentación (media)**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

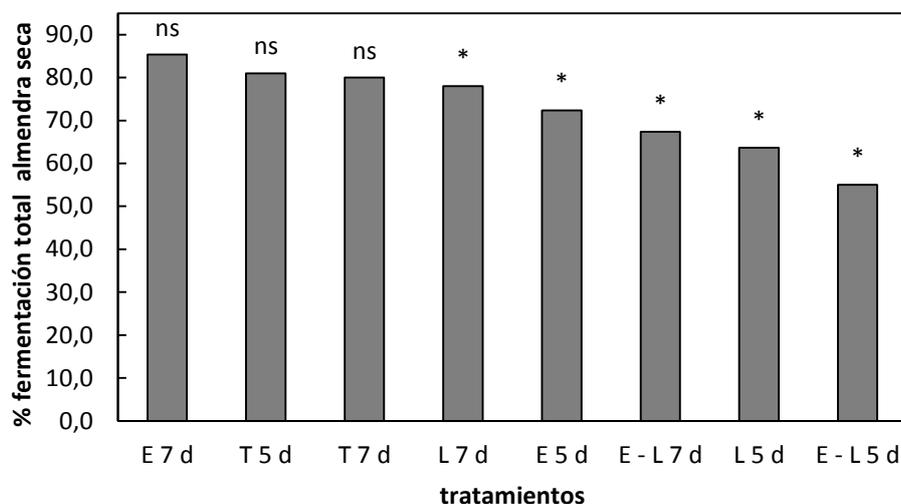
**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

En el análisis de varianza para el porcentaje de fermentación total (Ver Anexo 10), se registro diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Gráfico N° 12).

Los mayores porcentajes correspondieron a la muestra E 7d (85,33%), seguido de la muestra T 5d (81%), y T 7d (80%), las cuales presentaron un comportamiento similar diferenciándose de las muestras restantes entre las cuales la muestra E-L 5d registró el valor mas bajo (55%). El promedio general de fermentación total fue de 72,83% y un coeficiente de variación de 5,41% (Ver Anexo N° 9).

Los tratamientos que mostraron diferencia estadísticas alcanzan un 82,11%, lo que demuestra que están dentro de los parámetros establecidos según la Norma INEN 176 la que indica 76% mínimo para la fermentación total, parámetro que coincide con Ramos (2004), quien considera que la cantidad de almendras fermentadas debe ser mayor al 75%. Mientras que Sánchez (2007), obtuvo en sus estudios un promedio de 85,1% de fermentación total y un coeficiente de variación de 11,18%.

**Gráfico N° 12**  
**Porcentaje de fermentación (total)**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

El porcentaje de fermentación depende de factores como la temperatura que se alcance durante del proceso para que se produzca la muerte del embrión y se desencadene las reacciones bioquímicas, tomando en cuenta que las temperaturas varían por las condiciones atmosféricas y las variaciones de la temperatura ambiente. Si no se eleva adecuadamente la muerte del embrión no ocurre rápidamente y el proceso de fermentación no se realiza en su totalidad dando como resultados almendras violetas, las cuales no se han hinchado y poseen una apariencia interna compacta, desarrollando un sabor astringente y ácido.

Las almendras violetas tienen un comportamiento inverso a los granos con fermentación total, es decir que a medida que aumenta el tiempo de fermentación disminuye el porcentaje de granos violetas.

El análisis de varianza para el porcentaje de defectos violetas (Ver Anexo N° 10), presentó diferencias estadísticas significativas (Gráfico N° 13). El menor porcentaje de almendras violetas se registró en las muestras E 7d (14,67%), seguido de la muestra T 5d (19%), y T 7d (20%), alcanzando entre las tres un promedio de 17,89%, mientras el valor mas alto en

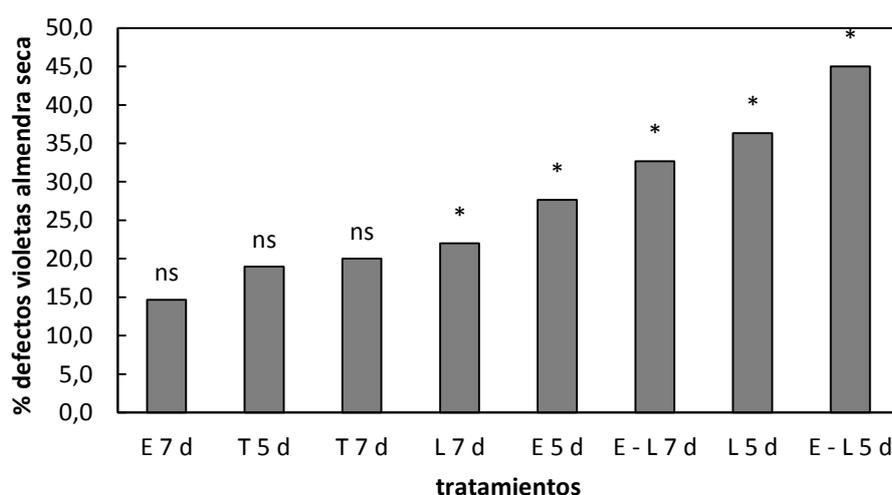
defectos violetas corresponde a la muestra E-L 5d (45%). El promedio general de defectos violetos fue de 27,17% y un coeficiente de variación de 14,51% (Ver Anexo N° 9).

Según Guzmán (2012), los granos violetas tienen un comportamiento inverso a los granos con buena fermentación, es decir que a medida que aumenta el tiempo de fermentación disminuye el porcentaje de granos violetas, lo que podemos observar en la presente investigación al ser obtenido el menor porcentaje (12%) de granos violetas en la muestra fermentada por siete días con la adición de enzima PPO

Las almendras violetas, son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido.

De acuerdo a al parámetro indicado en la norma INEN 176, el porcentaje máximo de almendras violetas para cacao CCN-51 es de 18%, por lo que podemos indicar que las muestras E 7d, T 5d y T 7d con un promedio de 17,89% están dentro de los parámetros requeridos.

**Gráfico N° 13**  
**Porcentaje de defectos (violetas)**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

## 4.2. Humedad

De acuerdo a Liendo (2005) el contenido de humedad del grano de cacao es necesario para que su almacenamiento se prolongue durante varios meses y se puedan prevenir los ataques causados por hongos y bacterias.

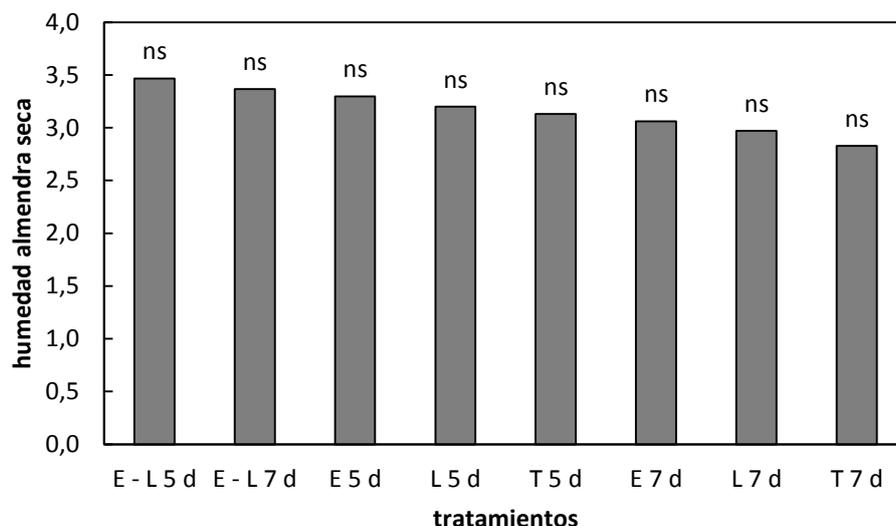
Se evaluó 24 muestras de cacao fermentadas con la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y una mezcla de la enzima y levadura por cinco y siete días con sus respectivos testigos.

No presento diferencias estadísticas (Ver Anexo N° 11), sin embargo se presentó diferencias numéricas en la cual la muestra E-L 5d alcanzó la mayor humedad registrada (3,47%), mientras que la muestra T-7 registró el menor valor de humedad (2,83%) (Gráfico N° 14). El promedio general de humedad fue 3,16% y un coeficiente de variación de 13,22%. (Ver Anexo N° 16).

EL porcentaje de humedad al realizarse de manera natural depende directamente de las condiciones atmosféricas lo que disminuye o aumenta el tiempo del proceso.

Los tratamientos están dentro del rango establecido al no superara el 8% de humedad, resultado que coincide con lo establecido por los autores Zambrano et al. (2010), quienes señalan que el porcentaje de humedad durante el proceso de secado debe reducirse hasta el 8%. De acuerdo a lo establecido por la norma INEN 176. El porcentaje máximo de humedad del cacao beneficiado es del 7%, por lo que podemos mencionar que los valores de la presente investigación están dentro de los parámetros requeridos.

**Gráfico N° 14**  
**Humedad almendra de cacao CCN-51**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

#### 4.3. Teobromina

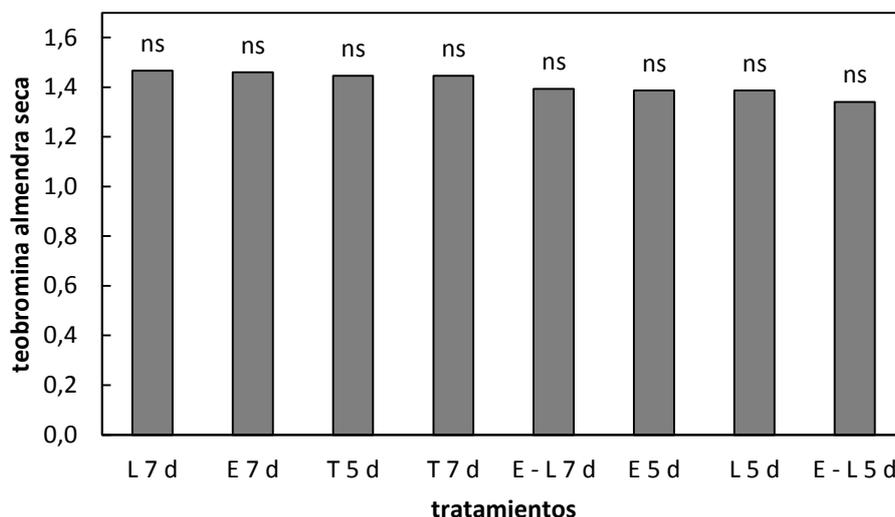
Según Braudeau (1970), la teobromina y cafeína tienen una influencia en gran parte en el sabor amargo del cacao. Al evaluarse las 24 muestras de cacao fermentado con la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y una mezcla de la enzima y levadura por cinco y siete días con sus respectivos testigos, los resultados no presentan diferencia significativa (Gráfico N° 15), pero si una diferencia numérica entre los tratamientos, de los cuales la muestra E-L 5d alcanzó el valor mas bajo (1,34%), mientras que la muestra L 7d obtuvo el mayor valor (1,47%). Un promedio general de 1,34% y un coeficiente de variación de 3,58%. (Ver Anexo N° 16).

Estudios realizados por Amores et al. (2009), manifiesta que el porcentaje de teobromina debe estar en un rango de 1% al 5%, cuyo parámetro se encuentra dentro de lo establecido en la presente investigación.

De acuerdo a lo señalado por Brandeau (1970), a medida que avanza la fermentación se elimina el contenido de teobromina reduciendo el amargor de los granos, sin embargo al adicionarle la enzima polifenol oxidasa (PPO) se está disminuyendo el contenido de amargor al tener la característica de reducir el amargor y astringencia presente en el cacao.

Resultados parecidos al presente estudio reportan investigaciones de Amores (2009) y Aguilar (2013), los cuales indican valores de 1,86% y 1,55% respectivamente en cuanto a teobromina.

**Gráfico N° 15**  
**Porcentaje de Teobromina almendra de cacao CCN-51**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

#### 4.4. pH

Reportes indican que el pH influye en los ácidos no volátiles que dan al producto aromas indeseables cuando es menor a 5,0.

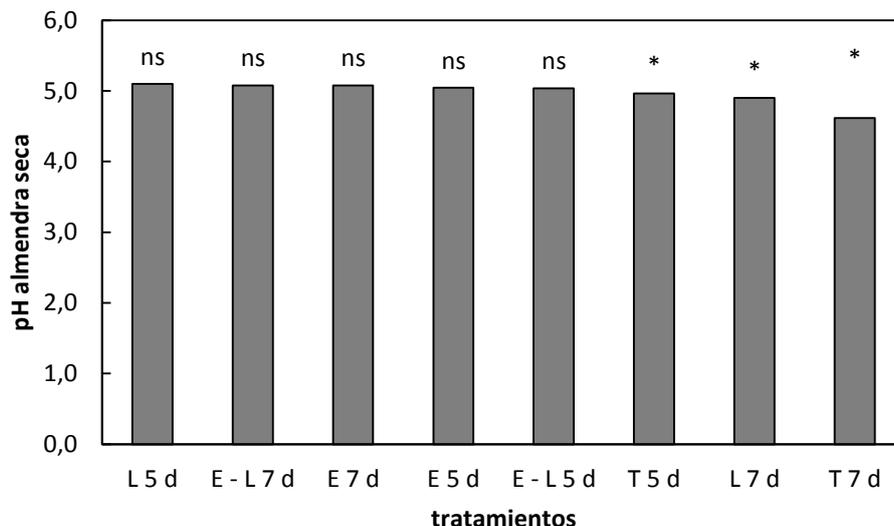
Se evaluó 24 muestras de cacao fermentadas con la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y una mezcla de la enzima y levadura por cinco y siete días con sus respectivos testigos.

Se detectó diferencias estadísticas significativas (Gráfico N° 16), el mayor valor de pH lo registro la muestra L 5d con 5.10, con respecto a las demás muestras analizadas, no obstante las muestras E-L 7d, E 7d, E 5d, E-L 5d con 5.08, 5.08, 5.05, 5.04 respectivamente presentaron un comportamiento similar. El promedio del pH fue 4,98 y un coeficiente de variación de 1,32%. (Ver Anexo N° 16).

Amores et. al. (2009), manifiesta que el pH desciende hasta el final de la fermentación y asciende después del secado, este incremento se debe posiblemente a que en la fase de secado se eliminan los ácidos presentes en el cotiledón, además de los cambios bioquímicos que ocurren dentro de la almendra durante la fermentación.

Estos resultados coinciden con Armijos (2002), quien determinó que el pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 5,1 a 5,4, coincidiendo con lo mencionado por Calderón (2002), quien indica que a un pH menor a 5,0 provoca problemas en la calidad del cacao.

**Gráfico N° 16**  
**pH de la almendra de cacao CCN-51**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

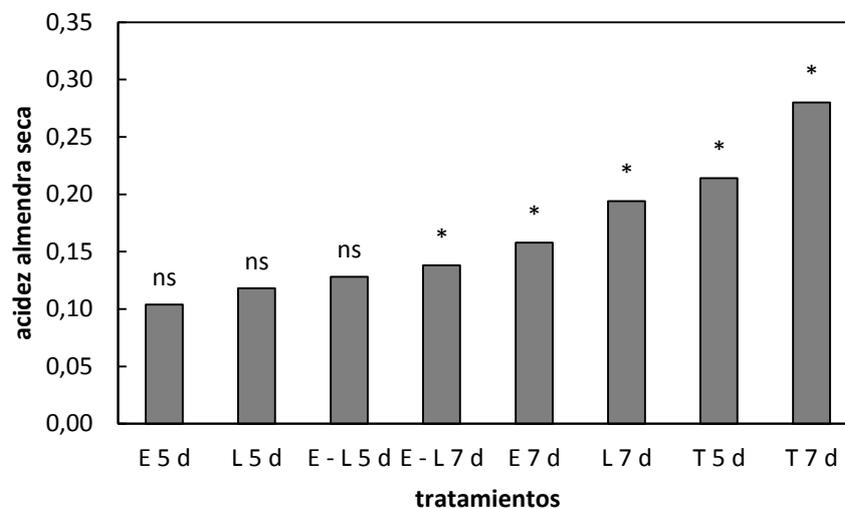
**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

#### 4.5. Acidez

Presento diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Gráfico N° 17), el menor valor lo registró la muestra E 5d (10%), seguido por L 5d (0.12%) y E-L 5d (0.13%), las cuales se comportaron de forma similar mientras que las muestras restantes, se comportaron de forma distinta. Con un promedio general de acidez de 0,17% y un coeficiente de variación de 11,06%. (Ver Anexo N° 16).

Estudios realizados por Amores et al. (2009), manifiesta que la acidez del cacao varia entre 1,2% y 1,6%, cuyo parámetro en la presente investigación esta por debajo del indicado, lo que demuestra una ausencia de acidez en las muestras analizadas. Similares resultados los obtuvo Aguilar (2013), quien realizo un estudio utilizando diferentes tipos de secado obteniendo valores entre 0,14% y 0,61% para muestras de cacao CCN-51.

**Gráfico N° 17**  
**Acidez de la almendra de cacao CCN-51**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; ns = no significativo; \* = significativo; grupo de tratamientos con ns y con \* indican diferencias entre grupos)

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

## 4.6. Pruebas sensoriales

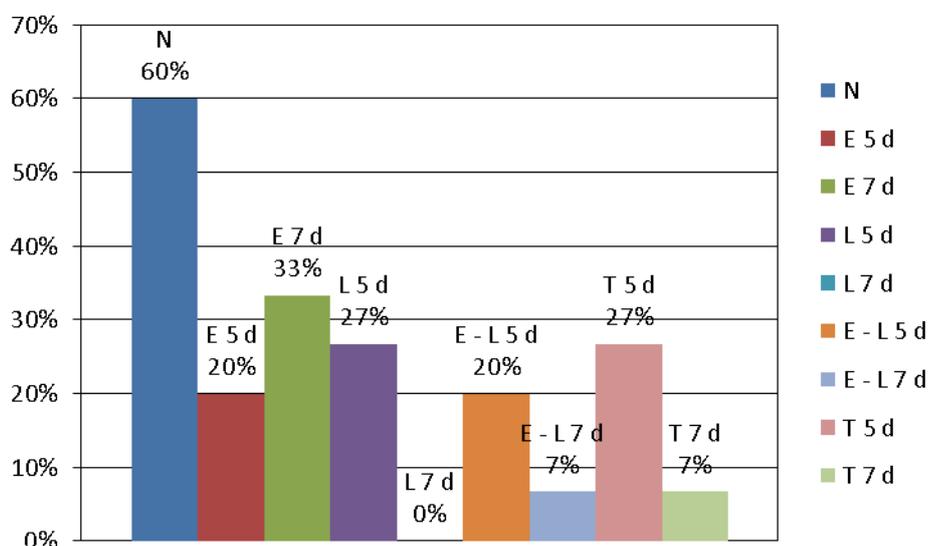
### 4.6.1. Aroma

Armijos (2002) y Calderón (2002), indican que un punto predominante en la calificación del cacao de exportación se basa en la característica organoléptica (aroma y sabor), cualidades que según Moreira (1994), se desarrollan cuando las almendras han sido debidamente fermentadas, secadas y tostadas.

Se evaluó las 24 muestras de cacao fermentadas con la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO) y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, y una mezcla de la enzima y levadura por cinco y siete días con sus respectivos testigos, en comparación con una muestra de cacao Nacional fermentado durante 4 días en cajas de madera utilizando la metodología del estudio de Rivera et al. (2011).

Los resultados obtenidos (Ver Anexo N° 15), muestran que el tratamiento E 7d tuvo la mayor aceptabilidad en cuanto al diagnóstico muy agradable (33%), sin embargo al contrastarla con la muestra de cacao Nacional que obtuvo 60%, podemos analizar que no se logra alcanzar las características del patrón evaluado, pero si se muestra una mejoría en comparación con los testigos T 5d y T 7d los cuales alcanzaron una aceptabilidad de 26,67% y 6,67% respectivamente, Gráfico N° 18.

**Gráfico N° 18**  
**Resultados aceptación muy agradable aroma cacao CCN-51**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; N cacao nacional)

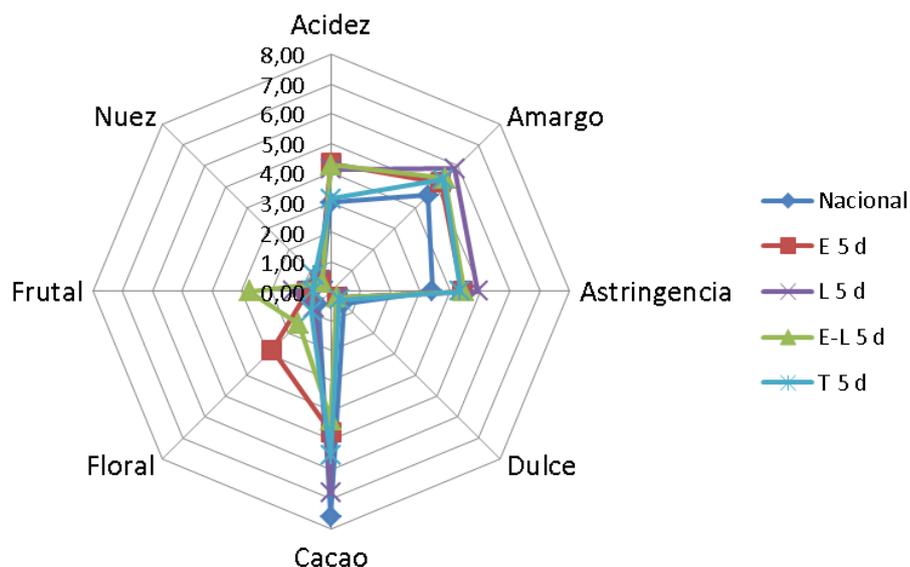
**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

#### 4.6.2. Sabor

Los resultados de los perfiles de sabores de las muestras de cacao en cuanto a los sabores básicos Gráfico N° 19, N° 20 la menor intensidad de acidez se detectó en las muestras T 5d (3.13) seguido de las muestras L 5d y E 7d (4.13). En cuanto al sabor amargo la muestra L 7d se ubica en primer lugar con 4.73 seguido de las muestras E 5d y E 7d (5.20), mientras que en astringencia el primer lugar lo comparten las muestras E 7d y L 7d (4.13), mostrando ausencia de sabor dulce en todas las muestras analizadas. (Ver Anexo N° 17)

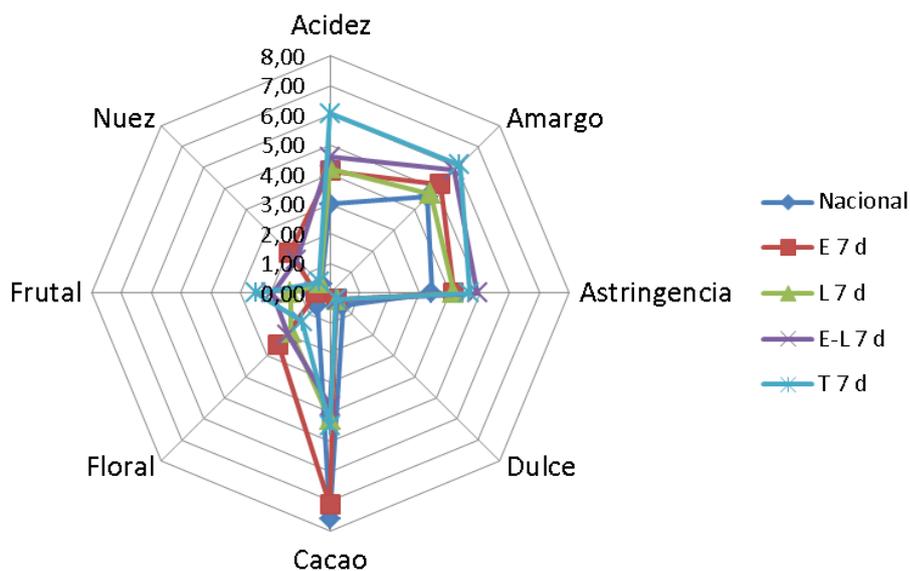
De las muestras analizadas en relación a sabores básicos podemos observar que la muestra E 7d presenta un mejor comportamiento seguido de la muestra L 7 d y T 5d, en comparación al comportamiento de la muestra de cacao Nacional.

**Gráfico N° 19**  
**Perfil de sabores básicos y específicos fermentados durante cinco días**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; N cacao nacional)  
**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

**Gráfico N° 20**  
**Perfil de sabores básicos y específicos fermentados durante siete días**



(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; N cacao nacional)  
**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

Los resultados en referencia a los sabores específicos, la muestra E 7d sobresale por la mayor intensidad de sabor a cacao con un 7,13. La intensidad de sabor floral, frutal y nuez reportan intensidades bajas menores a 3 lo que podemos observar en el Gráfico N° 20 y N° 21.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los sabores básicos y específicos podemos observar que las semillas de cacao al poseer la característica de ser higroscópica, la cual le permite según Sanchez (2007) absorber fácilmente sabores y aromas a su alrededor en este caso la naranjilla utilizada por su contenido de la enzima polifenol oxidasa le brindaría características adicionales y reducción de amargor, y a pesar de que los tratamientos no llegaron a las características sensoriales del cacao Nacional, si existió una mejora con respecto al amargor, astringencia, sabor a cacao, floral y nuez, aspectos que brindan un nivel de referencia más alto en comparación al testigo fermentado por siete días y en menor proporción una diferencia al testigo fermentado por cinco días, lo que sería beneficioso para la industria chocolatera al mejorar su aroma y sabor.

#### 4.7. Costo beneficio

**Cuadro N° 9**  
**Costo tratamiento enzimático fermentado durante 7 días**

**Costo A**

Producto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Cacao CCN-51	\$ 31,00	0,55 qq	\$ 17,05
Enzima PPO - Naranjilla	\$ 1,33	1,25 Kg	\$ 1,66
Caja de fermentación	\$ 7,00	1	\$ 7,00
			\$ 25,71

**Costo B**

Detalle	Cantidad	Total
Mano de obra	5 % Costo A	\$ 1,29
Energía	10 % Costo A	\$ 2,57
Utilidad	20 % Costo A	\$ 5,14
Depreciación de maquinaria	5 % Costo A	\$ 1,29
		\$ 10,28

**Costo Total**

Costo A	\$ 25,71
Costo B	\$ 10,28
	\$ 35,99

**Elaborado por:** Paul Sinche

El precio del cacao fluctúa debido a las exigencias del mercado, el costo de realizar el proceso de fermentación durante 7 días con la adición de la enzima polifenol oxidasa (PPO), alcanza un costo de \$ 35.99, que al contrastar con el costo de un tratamiento en blanco fermentado por la misma cantidad de días alcanza \$ 33.67 (Ver Anexo N° 18), lo que indica un incremento de \$ 2.32 (6.44%) en la muestra con tratamiento enzimático. Por lo que al mejorar las características del cacao CCN-51 con el tratamiento enzimático durante 7 días de fermentación se sustenta el aumento en el costo de producción al interpretar que menor amargor y astringencia conlleva a menor cantidad de azúcar al momento de la producción de chocolate.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados se concluye:

- La enzima polifenol oxidasa (PPO) mejora la calidad del cacao CCN-51 en comparación los testigos en blanco al se fermentados durante 7 días.
- La adición de levadura *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación por 7 días mejora la calidad en comparación con los testigos en blanco pero sin embargo no alcanza los parámetros del cacao nacional y los tratamientos con enzima polifenol oxidasa (PPO).
- Para mejorar las características de calidad de cacao CCN-51 el mejor tratamiento para aplicarse es la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO) durante una fermentación de 7 días.
- Las pruebas sensoriales identificaron que la fermentación durante siete días con la adición de la enzima polifenol oxidasa (PPO), logró obtener los mejores resultados en cuanto a acidez, amargor, astringencia, floral, frutal y nuez en cuando al sabor y una aceptabilidad muy agradable en cuanto al aroma.
- La prueba de corte demostró que el grado de fermentación a través de la aplicación de la enzima polifenol oxidasa (PPO) durante siete días de fermentación, fue superior al 85.

- Se estableció un análisis físico químico en el cual se demostró que la concentración de teobromina se reduce al 1,46% al utilizar la enzima polifenol oxidasa (PPO) durante siete días de fermentación, ubicándose en el rango de 1% a 5% establecido en estudios realizados por Amores et al. (2009).
- Los promedios de pH de las muestras muestra L 5d y E-L 7d, E 7d, E 5d, E-L 5d se ubican dentro del rango correspondiente para evitar problemas en la calidad.
- Mediante el balance de materia se demostró que el cacao CCN-51 alcanzó un rendimiento de 22,29% para la obtención de pasta de cacao.
- Al realizar la fermentación durante siete días con la adición de enzima polifenol oxidasa (PPO), en comparación con una muestra en blanco se produce un aumento del 6,44% en el costo de producción.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar un proceso de fermentación durante 7 días con la adición de la enzima polifenol oxidasa (PPO) para mejorar las características de calidad del cacao CCN-51.
- Realizar estudios similares con frutas de disponibilidad en la zona y que contengan en su composición la enzima (PPO) o cualquier enzima que desempeñe la misma actividad, considerando su estudio con diferentes concentraciones.
- Al realizar el proceso de secado natural tener en cuenta el grado de humedad final debido a que un porcentaje muy bajo de humedad produce una textura quebradiza al elaborar pasta de cacao.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Nacional de noticias Andes, (2012). Ecuador produce las dos terceras partes de cacao que se produce en el mundo. Disponible en <http://www.andes.info.ec/econom%C3%AD/1121.html>
2. Amores, F. (2004). Cacaos finos y ordinarios. Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15 17 nov. / 2004). Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador, p. 47.
3. Amores, P.; Palacios, A.; Jiménez, J.; y Zhang, D. (2009). Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor Oriente de la provincia de Esmeraldas. Boletín N° 135. INIAP. , Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo – Ecuador.
4. Aguilar, M. N. (2013). Determinación de la calidad de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos variedades “Forastero amazónico y Trinitario CCN-51” al aplicar cuatro tipos de secado para la elaboración de chocolates, UTE Santo Domingo 2012. Tesis Ing. Agroindustrial. Santo Domingo – Ecuador. UTE.
5. Armijos, A. (2002). Características de la acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación. Tesis de Lic. En Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 103 p.
6. Braudeau, J. (1970). El Cacao, Traducido por A. Hernández C., Barcelona, España, Editorial Blumé, 185 - 234 p.
7. Calderón, L. (2002). Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación a la calidad. Tesis de Lic. En Química, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 114 p.
8. Cubillos, G.; Merizalde, G.; Correa, E. (2008). Manual de beneficiado de cacao 2008 Para: técnicos, profesionales del sector agropecuario y productores. Medellín – Colombia. Disponible en [http://www.chocolates.com.co/sites/default/files/default\\_images/manual\\_beneficio\\_cacao.pdf](http://www.chocolates.com.co/sites/default/files/default_images/manual_beneficio_cacao.pdf)
9. Díaz, S. L. y Pinoargote, M. H. (2012). “Análisis de las Características Organolépticas del Chocolate a partir de Cacao CCN-51 Tratado Enzimáticamente y

Tostado a Diferentes Temperaturas.”. Tesis Ing. Alimentos. Guayaquil – Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral

10. El Agro (2004), menciona que la remoción de la masa es muy importante y se la debe realizar cada 48h, con la finalidad de homogenizar, airear y ayudar a elevar la temperatura de la masa en fermentación.
11. Enríquez, G. (2004). Cacao orgánico, guía para productores ecuatorianos. INIAP. Manual No. 54. Quito, Ecuador. p. 39 - 294.
12. Enríquez, G. (1995). Beneficio del cacao, Quito, Ecuador. INIAP. Boletín Divulgativo N° 254. 11 p.
13. Granda, J. S. (2012). Evaluación de cinco métodos de fermentación y dos métodos de secado para mejorar la calidad y rentabilidad del Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) en las parroquias El Eno, Jambelí y General Farfán Cantón Lago Agrio Tesis Ing. Agroforestal. Santo Domingo – Ecuador. UTE.
14. Graziani, L. F. (2003). Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV. Consultado el 18 de Enero del 2005 disponible en [www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html](http://www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html)
15. Guachamin, C. D. (2007). Diseño de un secador de granos de cacao fino. Tesis Ing. Mecánica. Quito. Escuela Politécnica Nacional
16. Guerron, V. (2009). Elaboración de pasta a partir de mezclas de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) y CCN-51 producidos en Quevedo. Tesis de Ing. Agroindustrial. U.T.E.Q.
17. Hardy, F. (1961). Manual de cacao, Instituto Interamericano de ciencias agrícolas. Edición español. Turrialba, Costa Rica.
18. INEN, (2006). Instituto ecuatoriano de Normalización, Cacao en grano. Requisitos. Norma técnica ecuatoriana (NTE). Cuarta Revisión, 26 / 07 / 2006. Quito, Ecuador. 8 p.
19. INEN, (2006). Instituto ecuatoriano de Normalización, Cacao en grano. Requisitos. Norma técnica ecuatoriana (NTE). Cuarta Revisión, 26 / 07 / 2006. Quito, Ecuador. Disponible en: [http://www.flordebaba.com/NORMA\\_T%3%89CNICA\\_ECUATORIANA\\_NTE\\_INEN\\_176\\_y\\_177.pdf](http://www.flordebaba.com/NORMA_T%3%89CNICA_ECUATORIANA_NTE_INEN_176_y_177.pdf)

20. INTA. (2010). Guía tecnológica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Managua –Nicaragua. Edición N° 4.
21. Jiménez, J. (2003). Prácticas del Beneficio del cacao y su calidad organoléptica. Mimeografiado. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, Ecuador. 16 p.
22. Liendo, R. (2005). Secado del cacao. Revista Digital INIA DIVULGA No. 5, mayo – agosto 2005. Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado el 5 de septiembre del 2013. Disponible en [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/inia\\_divulga/numero%205/liendo\\_r.pdf](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%205/liendo_r.pdf)
23. Morales, W. J. (2006). Elaboración de pasta de cacao de aroma mediante la aplicación de procesos térmicos, UTE Santo Domingo. Tesis Ing. Agroindustrial. Santo Domingo – Ecuador. UTE.
24. Navia, A. y Pazmiño, N. (2012). “Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN-51 a través de la adición de enzimas durante el proceso de fermentación.”. Tesis Ing. Alimentos. Guayaquil – Ecuador. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.
25. Ortiz, P. A. (2012). Elaboración de un chocolate utilizando un edulcorante natural de Stevia, Sto Dgo, 2010. Tesis Ing. Agroindustrial. Santo Domingo – Ecuador. UTE.
26. Palacios, A. (2008). “Establecimientos de parámetros (físicos, químicos y organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma Cacao* L.) Producido en dos zonas identificadas al norte y sur del litoral ecuatoriano”. Tesis Ing. Agrónomo. Santa Ana – Ecuador. Universidad Técnica de Manabí
27. Pastorelly, D. M. (1992). Evaluación de algunas características de cacao tipo Nacional de la colección de la zona de Tenguel. Tesis de Ing. Agr. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. 86-94 p.
28. Paredes, N. (2009). Manual de cultivo de cacao para la Amazonia ecuatoriana. Manual No 76. INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonia-DENAREF. Orellana, Ecuador.
29. Ponce, L. T. y Solórzano, M. A. (2006). Proyecto de factibilidad para la creación y funcionamiento de un centro de acopio de cacao en la ciudad de Calceta previo a la comercialización internacional. Tesis Ing. Comercio Ecuador Exterior. Manta, Ecuador. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

30. Pons, J.C. y Sivardiere, P. (2002). Manual de capacitación; Certificación de calidad de los alimentos orientada a sellos de atributos de valor en países de América Latina. Consultado el 28 de Noviembre del 2005 disponible en [www.fao.org/foro/alimentos](http://www.fao.org/foro/alimentos)
31. Ramos, G. (2004). La Fermentación, el Secado y Almacenamiento del Cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao, Teoría y Práctica (15-17 nov./2004). INIAP – Quevedo, Ecuador, 44 p.
32. Reyes, H.; Vivas, J. y Romero, A. (2000). La calidad del cacao: II. Cosecha y fermentación. FONAIAP. Maracay Aragua. Boletín Divulgativo N° 66. Consultado el 12 de junio del 2013. Disponible en [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_tec/FonaiapDivulga/fd66/texto/calidadcacao.htm](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd66/texto/calidadcacao.htm)
33. Rohan, T. (1964). El beneficio del cacao en bruto destinado al mercado. FAO. Roma, Italia. p. 79-113.
34. Sánchez, V. A. (2007). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Tesis Ing. Agrónomo. Quevedo – Ecuador. U.T.E.Q.
35. Semiglia, C. L. (1979). Estudios de varios métodos de fermentación en diversas zonas cacaoteras del Ecuador. Tesis Ing. agr. Guayaquil Ecuador, Universidad de Guayaquil. 88 p.
36. Solórzano, E. G. (2011). Evaluación del cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional fino de aroma procedente de diferentes zonas del país. Tesis Ing. Agroindustrial. Quevedo – Ecuador. U.T.E.Q.
37. Thompson s.; Miller K.; Lopez A. (2001). *Cocoa & Coffee Food Microbiology: Fundamentals and Frontier*, Second Edition, ASM, Washington, D.C. – USA, Pág. 724-728.
38. Vera, J. (1993). Antecedentes históricos y zonificación y ecología del cultivo. In Suárez, C. ed. Manual del cultivo de cacao. Segunda edición. Manual N° 25. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, \ Quevedo, Ecuador. p. 6 – 294.
39. Wachter, M. (2011). "Los microorganismos y el chocolate" Revista Digital Universitaria [en línea]. 1 de abril de 2011, Vol. 12, No.4. Consultada: 2 de abril de 2011. Disponible en [www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art42/index.html](http://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art42/index.html)
40. Wakao, H. (2002). Estudio de la variación del contenido de alcaloides en cacao (*Theobroma cacao* L.) de producción nacional, durante el proceso de beneficio. Tesis

de Licenciatura en ciencias químicas, especialidad Química analítica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de ciencias exactas y Naturales. Departamento de ciencias químicas. Quito, Ecuador. EC. 91 p.

41. Wood, G. (1983). Cacao. Traducido por Ambrosio, México, D.F. Tercera edición en español p. 258 – 267.
42. Zambrano, A.; Gómez, A.; Ramos, G.; Romero, C.; Lacruz, C.; y Rivas, E. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Revista Digital Agronomía Trop.*, vol. 60, No 4, octubre 2010. Consultado el 7 de septiembre del 2013. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v60n4/art09.pdf>
43. Zambrano, J. (2001). Observaciones preliminares de las características de las copas de los árboles de cacao híbrido Internacional y Nacional con relación a los rendimientos. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil, 75 p.
44. Tomado de UNCTAD. El cacao. <http://r0.unctad.org/infocomm/espagnol/cacao/descripc.htm>

# ANEXOS

## Anexo N° 1

### Análisis porcentaje de fermentación



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ

LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO

Factura: 58

Fecha de entrega: 24/04/2013

Reporte del análisis físico de 24 muestras de almendras cacao

Con fecha 18/04/2013, ingresaron al Laboratorio de Calidad de Cacao 24 muestras de almendras de cacao procedentes de la Universidad Tecnológica Equinoccial para realizar análisis del porcentaje de fermentación mediante la prueba de corte. Los resultados obtenidos de la misma se detallan en el Cuadro 1. Y a la vez se hace la entrega en la fecha indicada.

Cuadro 1. Resultados del porcentaje de fermentación de 24 muestras de cacao

Código de Laboratorio.	Identificación	Fermentación (%)			Defectos (%)		
		Buena	Mediana	Total	Violetas	Pizarras	Moho
1407 (UTEQ)	A1 B1 R3 / E3 5	40	31	71	29	0	0
1408 (UTEQ)	A2 B1 R3 / L3 5	33	40	73	27	0	0
1409 (UTEQ)	A3 B2 R2 / EL2 7	29	38	67	33	0	0
1410 (UTEQ)	A3 B2 R3 / EL3 7	32	40	72	28	0	0
1411 (UTEQ)	T1 R2 / T2 5	43	34	77	23	0	0
1412 (UTEQ)	A1 B1 R1 / E1 5	36	39	75	25	0	0
1413 (UTEQ)	T1 R1 / T1 5	37	45	82	24	0	0
1414 (UTEQ)	A3 B1 R1 / EL1 5	14	39	53	47	0	0
1415 (UTEQ)	T1 R3 / T3 5	49	35	84	16	0	0
1416 (UTEQ)	A1 B2 R2 / E2 7	47	37	84	16	0	0
1417 (UTEQ)	A1 B1 R2 / E2 5	28	43	71	29	0	0
1418 (UTEQ)	T2 R3 / T3 7	37	40	77	23	0	0
1419 (UTEQ)	A3 B1 R2 / EL2 5	20	38	58	42	0	0
1420 (UTEQ)	A1 B2 R1 / E1 7	49	37	86	14	0	0
1421 (UTEQ)	A1 B2 R3 / E3 7	41	45	86	14	0	0
1422 (UTEQ)	A2 B2 R1 / L1 7	38	42	80	20	0	0
1423 (UTEQ)	A2 B2 R2 / L2 7	44	34	78	22	0	0
1424 (UTEQ)	A3 B1 R3 / EL3 5	32	22	54	46	0	0
1425 (UTEQ)	A3 B2 R1 / EL1 7	26	37	63	47	0	0
1426 (UTEQ)	A2 B2 R3 / L3 7	36	40	76	24	0	0



1427 (UTEQ)	A2 B1 R1 / L1 5	33	25	58	42	0	0
1428 (UTEQ)	T2 R1 / T1 7	41	40	81	19	0	0
1429 (UTEQ)	A2 B1 R2 / L2 5	25	35	60	40	0	0
1430 (UTEQ)	T2 R2 / T2 7	44	38	82	18	0	0
	Buena	Acceptable	Bajo	Ausente	Alta	Causa efecto negativo	

Se adjunta fotografías de dos muestras (1420 UTEQ y 1424 UTEQ), con las almendras cortadas en las cuales se observan las características de la fermentación alcanzada en cada una de las almendras

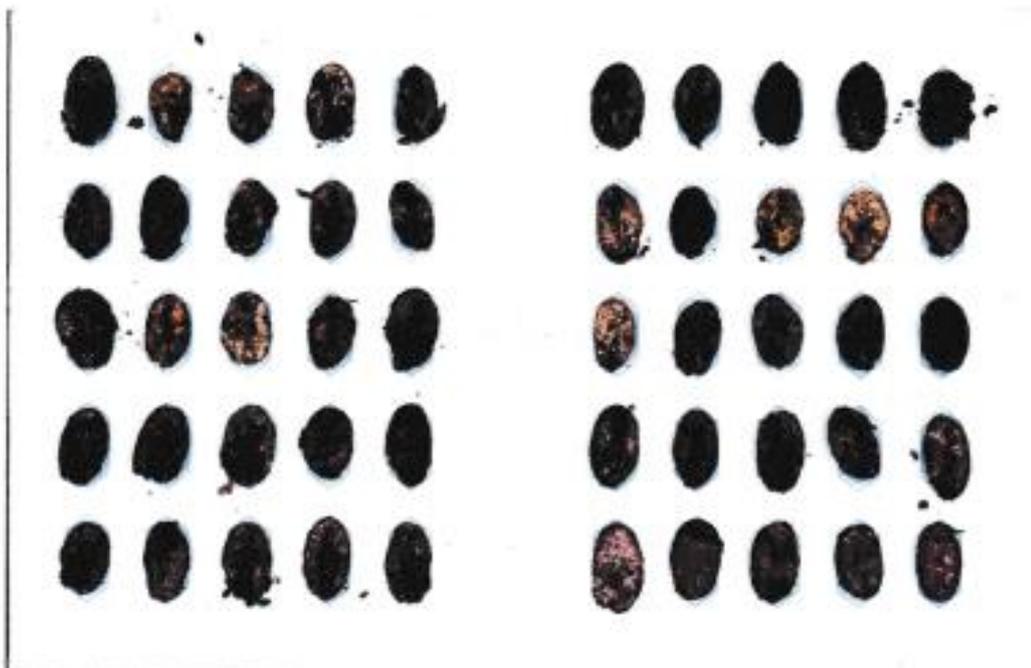


Imagen 1 Almendras cortadas de la muestra de cacao 1420 UTEQ

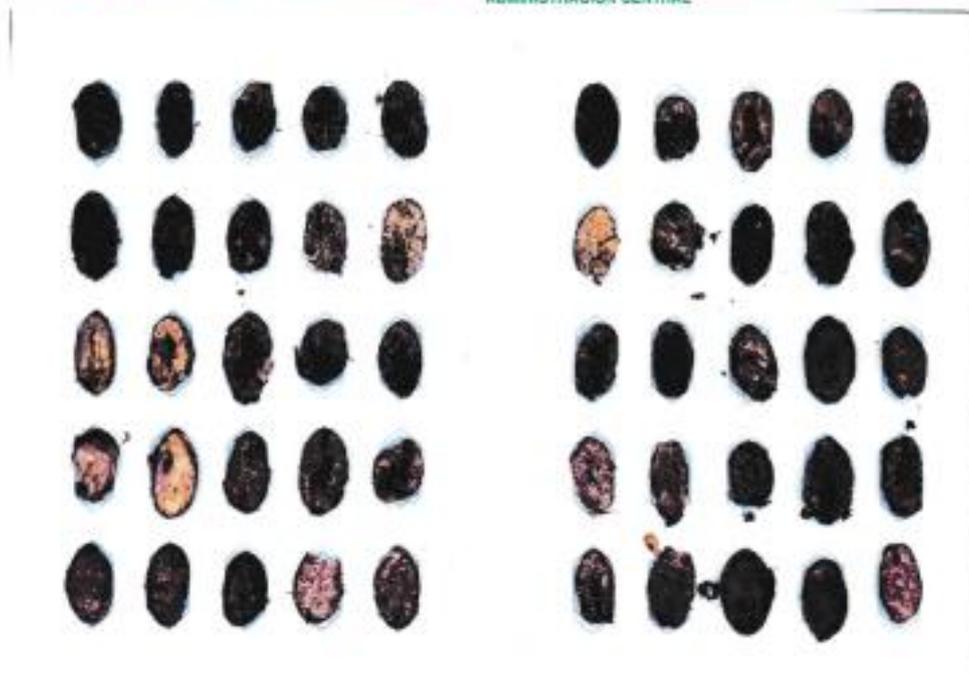


Imagen 2. Almendras cortadas de la muestra de cacao 1424 UTEQ

Atentamente,



Juan Carlos Jiménez  
Resp. Lab. Calidad de Cacao.

## Anexo N° 2

## Norma INEN 173. Determinación de humedad

CDU: 663.91	<b>INEN</b>	AL 02-06-301
<b>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria y Emergente</b>	<b>CACAO EN GRANO DETERMINACION DE LA HUMEDAD.</b>	<b>INEN 173 Primera revisión 1888-12</b>
<p><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de humedad en el cacao en grano.</p> <p><b>2. TERMINOLOGÍA</b></p> <p>2.1 <b>Contenido de humedad.</b> Para los efectos de esta Norma, es la pérdida de masa, (peso) expresada en porcentaje, que se produce al calentar una porción molida de cacao bajo condiciones preestablecidas.</p> <p><b>3. INSTRUMENTAL</b></p> <p>3.1 <b>Mortero.</b> Para triturar los granos sin elevar la temperatura.</p> <p>3.2 <b>Estufa,</b> ajustada a <math>103 \pm 2^\circ\text{C}</math>.</p> <p>3.3 <b>Cápsulas con tapa,</b> de metal inoxidable o de vidrio, con una superficie mínima de <math>35 \text{ cm}^2</math> (por ejemplo con diámetro mínimo de 70 mm y 20 ó 25 mm de altura).</p> <p>3.4 <b>Desecador,</b> provisto de material deshidratante adecuado.</p> <p>3.5 <b>Balanza analítica,</b> sensible a 0,1 mg.</p> <p><b>4. PREPARACION DE LA MUESTRA</b></p> <p>4.1 Se mezcla cuidadosamente la muestra para ensayo obtenida según la Norma INEN 177, y, mediante reducciones sucesivas, se separan 15 granos de cacao, exponiéndolos durante el menor tiempo posible a la atmósfera del laboratorio, se los tritura en el mortero uno a uno, hasta que las partículas más grandes no superen los 5 mm evitando además, que se forme una pasta.</p> <p><b>6. PROCEDIMIENTO</b></p> <p>6.1 Se transfiere poco menos de la totalidad de la muestra preparada según 4.1 a la cápsula vacía y se coloca la tapa (la cápsula y su tapa deben estar perfectamente secas).</p>		

6.2 Se pesa 5 g de muestra con aproximación a 0,2 mg, y se lo introduce en la estufa a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , quitando previamente la tapa y colocando la cápsula sobre la misma.

6.3 Se mantiene el conjunto dentro de la estufa, durante aproximadamente 5 a 6 horas, evitando abrir la estufa. Al cabo de ese tiempo, se saca la cápsula, se coloca inmediatamente la tapa y el conjunto se transfiere al desecador, manteniéndolo allí hasta que se enfríe a temperatura ambiente (esto ocurre al cabo de 30 ó 40 minutos).

6.4 Se saca el conjunto del desecador y se pesa con aproximación a 0,2 mg.

6.6 La determinación debe realizarse por duplicado, usando cada vez una muestra separada en las tres fases: trituración, toma de la muestra de ensayo y desecación.

#### 6. CÁLCULOS

6.1 El contenido de la humedad en la muestra, expresado en porcentaje de masa, se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\text{Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Siendo:

- $m_0$  = masa de la cápsula vacía y su tapa en g
- $m_1$  = masa de la cápsula con la muestra húmeda y la tapa en g
- $m_2$  = masa de la cápsula con la muestra seca y la tapa en g

#### 7. ERRORES DE MÉTODO

7.1 La diferencia entre los resultados de la determinación efectuada por duplicado, no debe exceder de 0,3 por ciento; caso contrario, debe repetirse la determinación.

#### 8. INFORME DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

8.1 En el informe de resultados, debe constar la media aritmética de los dos resultados obtenidos, aproximada a 0,1. Debe indicarse, además, el método utilizado y cualquier condición no prevista por esta norma que pueda haber influido en los resultados.

8.2 Debe incluirse todas las indicaciones para la completa identificación de la muestra.

6.2 Se pesa 5 g de muestra con aproximación a 0,2 mg, y se lo introduce en la estufa a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , quitando previamente la tapa y colocando la cápsula sobre la misma.

6.3 Se mantiene el conjunto dentro de la estufa, durante aproximadamente 5 a 6 horas, evitando abrir la estufa. Al cabo de ese tiempo, se saca la cápsula, se coloca inmediatamente la tapa y el conjunto se transfiere al desecador, manteniéndolo allí hasta que se enfríe a temperatura ambiente (esto ocurre al cabo de 30 ó 40 minutos).

6.4 Se saca el conjunto del desecador y se pesa con aproximación a 0,2 mg.

6.6 La determinación debe realizarse por duplicado, usando cada vez una muestra separada en las tres fases: trituración, toma de la muestra de ensayo y desecación.

### 8. CÁLCULOS

8.1 El contenido de la humedad en la muestra, expresado en porcentaje de masa, se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\text{Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Siendo:

$m_0$  = masa de la cápsula vacía y su tapa en g

$m_1$  = masa de la cápsula con la muestra húmeda y la tapa en g

$m_2$  = masa de la cápsula con la muestra seca y la tapa en g

### 7. ERRORES DE MÉTODO

7.1 La diferencia entre los resultados de la determinación efectuada por duplicado, no debe exceder de 0,3 por ciento; caso contrario, debe repetirse la determinación.

### 8. INFORME DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

8.1 En el informe de resultados, debe constar la media aritmética de los dos resultados obtenidos, aproximada a 0,1. Debe indicarse, además, el método utilizado y cualquier condición no prevista por esta norma que pueda haber influido en los resultados.

8.2 Debe incluirse todas las indicaciones para la completa identificación de la muestra.

## Anexo N° 3

### Análisis de teobromina

MC-LSAIA-2201-03

	INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS <small>Panamericana Sur Km. 1, CutugiaguaTls. 2690691-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</small>	
---	--	---

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> Sr. Paúl Sinche <b>DIRECCION:</b> Santo Domingo <b>FECHA DE EMISION:</b> 14 de mayo del 2013 <b>FECHA DE ANALISIS:</b> 14 de mayo del 2013	<b>INFORME DE ENSAYO No:</b> 13-123	<b>INSTITUCION:</b> UTE <b>ATENCIÓN:</b> Sr. Paúl Sinche <b>FECHA DE RECEPCION.:</b> 19 de abril del 2013 <b>HORA DE RECEPCION:</b> 09h06 <b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b> TEOBROMINA, CAFEÍNA
---	-------------------------------------	---

ANÁLISIS	TEOBROMINA	CAFEÍNA				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-30	MO-LSAIA-30				
METODO REF.	AOAC 980, 14-1998	Cross. E. y Merigo. G. 1973				
UNIDAD	%	%				
13-0871	1.47	0.20				Almendra de cacao CCN-51 T1R1
13-0872	1.44	0.22				Almendra de cacao CCN-51 T1R2
13-0873	1.43	0.20				Almendra de cacao CCN-51 T1R3
13-0874	1.40	0.19				Almendra de cacao CCN-51 T2R1
13-0875	1.41	0.21				Almendra de cacao CCN-51 T2R2
13-0876	1.53	0.20				Almendra de cacao CCN-51 T2R3
13-0877	1.45	0.21				Almendra de cacao CCN-51 A1B1R1
13-0878	1.35	0.17				Almendra de cacao CCN-51 A1B1R2
13-0879	1.36	0.17				Almendra de cacao CCN-51 A1B1R3
13-0880	1.47	0.21				Almendra de cacao CCN-51 A1B2R1
13-0881	1.45	0.19				Almendra de cacao CCN-51 A1B2R2
13-0882	1.46	0.20				Almendra de cacao CCN-51 A1B2R3
13-0883	1.37	0.21				Almendra de cacao CCN-51 A2B1R1
13-0884	1.40	0.19				Almendra de cacao CCN-51 A2B1R2
13-0885	1.39	0.17				Almendra de cacao CCN-51 A2B1R3
13-0886	1.55	0.23				Almendra de cacao CCN-51 A2B2R1
13-0887	1.40	0.18				Almendra de cacao CCN-51 A2B2R2
13-0888	1.45	0.20				Almendra de cacao CCN-51 A2B2R3
13-0889	1.28	0.16				Almendra de cacao CCN-51 A3B1R1
13-0890	1.37	0.20				Almendra de cacao CCN-51 A3B1R2
13-0891	1.37	0.23				Almendra de cacao CCN-51 A3B1R3
13-0892	1.45	0.24				Almendra de cacao CCN-51 A3B2R1
13-0893	1.39	0.25				Almendra de cacao CCN-51 A3B2R2
13-0894	1.34	0.23				Almendra de cacao CCN-51 A3B2R3

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

  
**Dr. Armando Rubio**  
 RESPONSABLE DE CALIDAD

RESPONSABLES DEL INFORME



  
**Dr. MSc. Iván Samaniego**  
 RESPONSABLE TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

## Anexo N° 4

## Formato para evaluación Aroma

## UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL



## Extensión Santo Domingo

## FACULTA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

## CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y SISTEMAS DE GESTIÓN

Mediante la presente ponderación se pretende evaluar las muestras de pasta de cacao con un análisis sensorial en cuanto al: aroma y sabor.

## AROMA

Marque con una x el que usted considere conveniente.

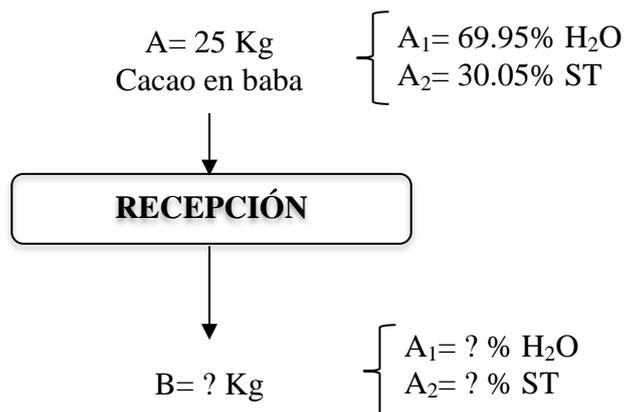
Código muestra	Diagnostico de rangos para evaluar el olor			
	Muy agradable	Agradable	Aceptable	Desagradable
N				
T1-5				
T2-5				
T3-5				
T1-7				
T2-7				
T3-7				
L1-5				
L2-5				
L3-5				
L1-7				
L2-7				
L3-7				
E1-5				
E2-5				
E3-5				
E1-7				
E2-7				
E3-7				
EL1-5				
EL2-5				
EL3-5				
EL1-7				
EL2-7				
EL3-7				



## Anexo N° 6

### Balance de materia para la fermentación y elaboración de pasta de cacao a nivel de laboratorio

#### Balance de materia de recepción



#### Balance general de recepción

$$A = B$$

$B = 25 \text{ kg}$  de cacao en baba

#### Balance parcial de H<sub>2</sub>O

$$A (A_1) = B (B_1)$$

$$25 (0.6995) = 25 (B_1)$$

$$B_1 = \frac{17.487}{25}$$

$$B_1 = 0.6995 (100)$$

$$B_1 = 69,95\% \text{ de H}_2\text{O}$$

#### Balance parcial de sólidos totales

$$A (A_2) = B (B_2)$$

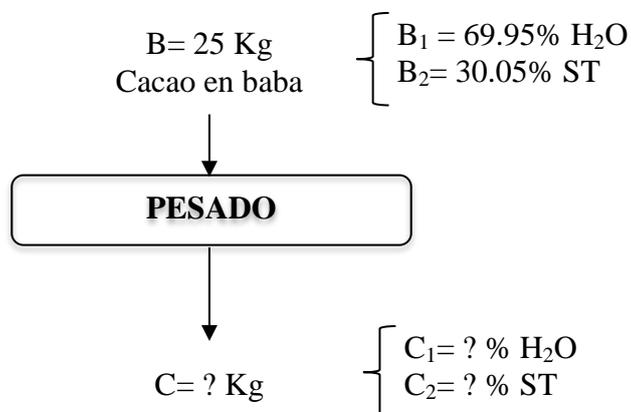
$$25 (0.3005) = 25 (B_2)$$

$$B_2 = \frac{7.5125}{25}$$

$$B_2 = 0.3005 (100)$$

$$B_2 = 30.05\% \text{ de ST}$$

### Balance de materia de pesado



### Balance general de pesado

$$B = C$$

$B = 25 \text{ kg}$  de cacao en baba

### Balance parcial de $\text{H}_2\text{O}$

$$B (B_1) = C (C_1)$$

$$25 (0.6995) = 25 (C_1)$$

$$C_1 = \frac{17.487}{25}$$

$$C_1 = 0.6995 (100)$$

$$C_1 = 69.95 \% \text{ de H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de sólidos totales

$$B (B_2) = C (C_2)$$

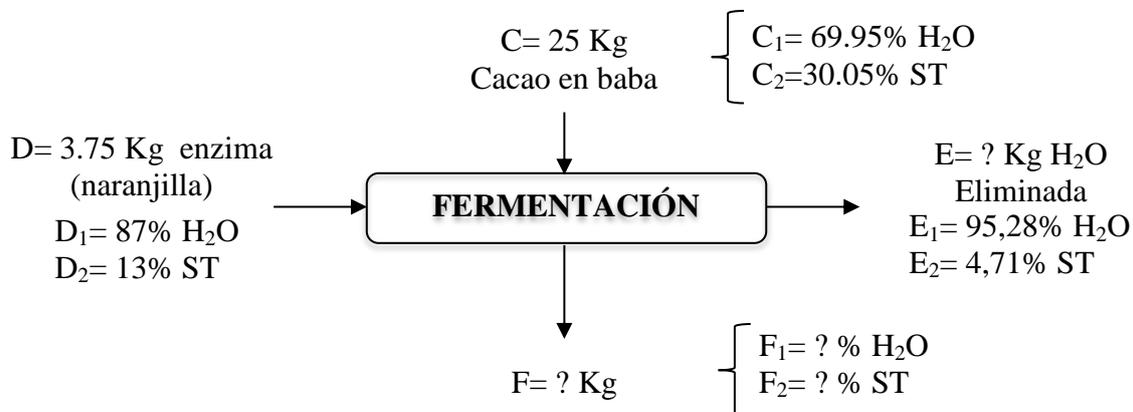
$$25 (0.3005) = 25 (C_2)$$

$$C_2 = \frac{7.5125}{25}$$

$$C_2 = 0.3005 (100)$$

$$C_2 = 30.05 \% \text{ de ST}$$

### Balance de materia de fermentación



### Dato experimental:

$\text{H}_2\text{O}$  eliminada = 40.45 % de (C+D)

### Calculo de la cantidad de agua eliminada

$$E = 40.45\% (C + D)$$

$$E = 40.45\% (25 + 3.75)$$

$$E = 40.45\% (28.75)$$

$$E = 11.63 \text{ Kg de H}_2\text{O eliminada}$$

### Balance general de fermentación

$$C + D = E + F$$

$$25 + 3.75 = 11.63 + F$$

$$F = 25 + 3.75 - 11.63$$

$$F = 17.12 \text{ Kg de cacao fermentado}$$

### Balance parcial de agua

$$C (C_1) + D (D_1) = E (E_1) + F (F_1)$$

$$25 (0.6995) + 3.75 (0.87) = 11.63 (0.9528) + 17.12 (F_1)$$

$$20.75 - 11.08 = 17.12 (F_1)$$

$$F_1 = \frac{20,75 - 11,08}{17,12}$$

$$F_1 = 0,5648 \text{ (100)}$$

$$F_1 = 56,48 \% \text{ H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de solidos totales

$$C (C_2) + D (D_2) = E (E_2) + F (F_2)$$

$$25 (0,3005) + 3,75 (0,13) = 11,63 (0,0472) + 17,12 (F_2)$$

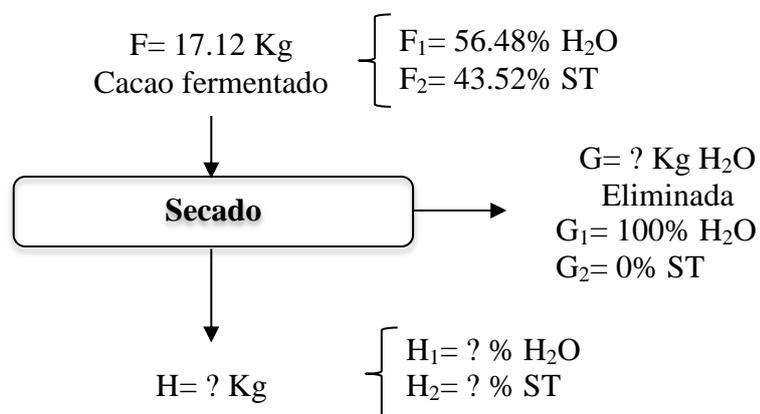
$$8 - 0,5489 = 17,12 (F_2)$$

$$F_2 = \frac{8 - 0,5489}{17,12}$$

$$F_2 = 0,4352 \text{ (100)}$$

$$F_2 = 43,52 \% \text{ ST}$$

### Balance de materia de secado



### Dato experimental:

$$\text{H}_2\text{O eliminada} = 55,17 \% \text{ de } F$$

### Calculo de la cantidad de agua eliminada

$$G = 55,17 \% (F)$$

$$G = 55,17\% (17,12)$$

$$G = 9,44 \text{ Kg de H}_2\text{O eliminada}$$

**Balance general de secado**

$$F = G + H$$

$$17.12 = 9.44 + H$$

$$H = 17.12 - 9.44$$

$$H = 7.68 \text{ Kg de cacao seco}$$

**Balance parcial de agua**

$$F (F_1) = G (G_1) + H (H_1)$$

$$17.12 (0.5648) = 9.44 (1) + 7.68 (H_1)$$

$$H_1 = \frac{9.67 - 9.44}{7.68}$$

$$H_1 = 0.0299 (100)$$

$$H_1 = 2.99 \% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

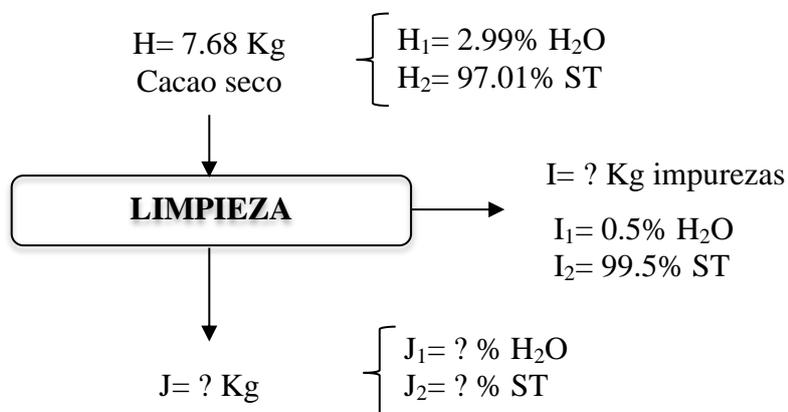
$$F (F_2) = G (G_2) + H (H_2)$$

$$17.12 (0.4352) = 9.44 (0) + 7.68 (H_2)$$

$$H_2 = \frac{7.45}{7.68}$$

$$H_2 = 0.97005 (100)$$

$$H_2 = 97.01 \% \text{ ST}$$

**Balance de materia de limpieza**

**Dato experimental:**

Impureza eliminada= 0.56% de H

**Calculo de la cantidad de impurezas**

$$I = 0.56 \% (H)$$

$$I = 0.56\% (7.68)$$

$$I = 0.043 \text{ Kg de impurezas eliminadas}$$

**Balance general de limpieza**

$$H = I + J$$

$$7.68 = 0.043 + J$$

$$J = 7.68 - 0.043$$

$$J = 7.64 \text{ Kg de cacao limpio}$$

**Balance parcial de agua**

$$H (H_1) = I (I_1) + J (J_1)$$

$$7,68 (0.0299) = 0,043 (0.005) + 7.64 (J_1)$$

$$J_1 = \frac{0,2296 - 0,000215}{7,64}$$

$$J_1 = 0.030 (100)$$

$$H_1 = 3.00\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

$$H (H_2) = I (I_2) + J (J_2)$$

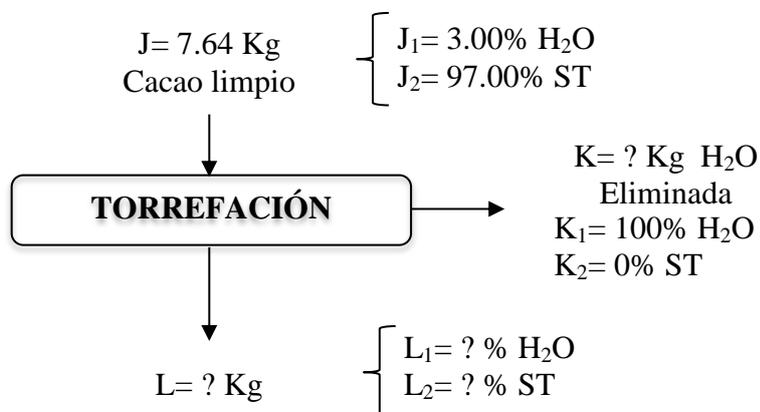
$$7.68 (0.9701) = 0,043 (0.995) + 7.64 (J_2)$$

$$J_2 = \frac{7.45 - 0.043}{7,64}$$

$$J_2 = 0.97 (100)$$

$$J_2 = 97\% \text{ ST}$$

### Balance de materia de torrefacción



### Dato experimental:

$\text{H}_2\text{O}$  eliminada = 1.5% de J

### Calculo de la cantidad de agua eliminada

$$K = 1.5 \% (J)$$

$$K = 1.5\% (7.64)$$

$$K = 0.115 \text{ Kg de H}_2\text{O eliminada}$$

### Balance general de torrefacción

$$J = K + L$$

$$7.64 = 0.115 + L$$

$$L = 7.64 - 0.115$$

$$L = 7.525 \text{ g de almendras tostadas}$$

### Balance parcial de agua

$$J (J_1) = K (K_1) + L (L_1)$$

$$7.64 (0.03) = 0.115 (1) + 7.525 (L_1)$$

$$L_1 = \frac{0.229 - 0.115}{7.525}$$

$$L_1 = 0.0152 (100)$$

$$L_1 = 1.52\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

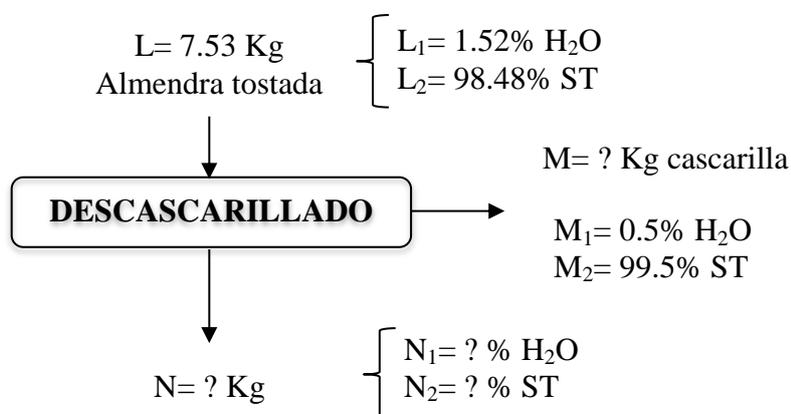
$$J (J_2) = K (K_2) + L (L_2)$$

$$7.64 (0.97) = 0.115 (0) + 7.525 (L_2)$$

$$L_2 = \frac{7.411}{7.525}$$

$$L_2 = 0.9848 (100)$$

$$L_2 = 98.48\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de descascarillado****Dato experimental:**

Cascarilla eliminada = 13.38% de L

**Calculo de la cantidad de cascarilla**

$$M = 13.38\% (L)$$

$$M = 13.38\% (7.53)$$

$$M = 1.007 \text{ Kg de cascarilla eliminada}$$

**Balance general de descascarillado**

$$L = M + N$$

$$7.53 = 1.007 + N$$

$$N = 7.53 - 1.007$$

$$N = 6.52 \text{ kg de almendra descascarillada}$$

**Balance parcial de agua**

$$L (L_1) = M (M_1) + N (N_1)$$

$$7.53 (0.0152) = 1.007 (0.005) + 6.52 (N_1)$$

$$N_1 = \frac{0.115 - 0.005}{6.52}$$

$$N_1 = 0.01687 (100)$$

$$N_1 = 1,69\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

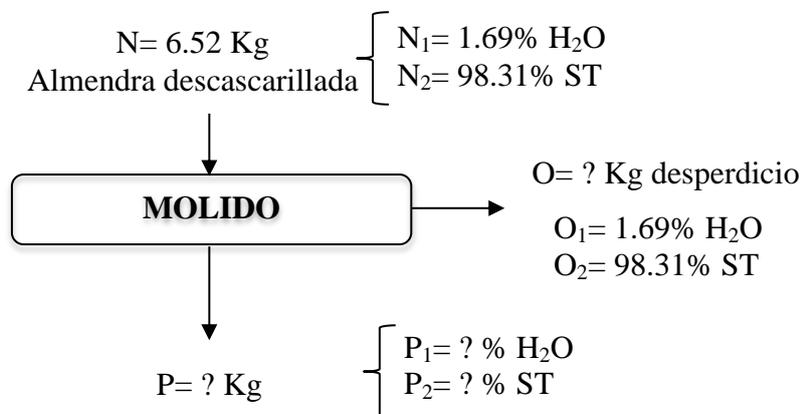
$$L (L_2) = M (M_2) + N (N_2)$$

$$7.53 (0.9848) = 1.007 (0.995) + 6.52 (N_2)$$

$$N_2 = \frac{7.41 - 1.00}{6.52}$$

$$N_2 = 0.9831 (100)$$

$$N_2 = 98.31\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de molido****Dato experimental:**

Desperdicio= 2.10% de N

**Calculo de la cantidad de desperdicio**

$$O = 2.10\% (N)$$

$$O = 2.10\% (6.52)$$

$$O = 0.137 \text{ Kg de desperdicio}$$

**Balance general de molido**

$$N = O + P$$

$$6.52 = 0.137 + P$$

$$P = 6.52 - 0.137$$

$$P = 6.38 \text{ Kg de pasta de cacao}$$

**Balance parcial de agua**

$$N (N_1) = O (O_1) + P (P_1)$$

$$6.52 (0.0169) = 0.137 (0.0169) + 6.38 (P_1)$$

$$P_1 = \frac{0.11 - 0.0023}{6.38}$$

$$P_1 = 0.0169 (100)$$

$$P_1 = 1.69\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

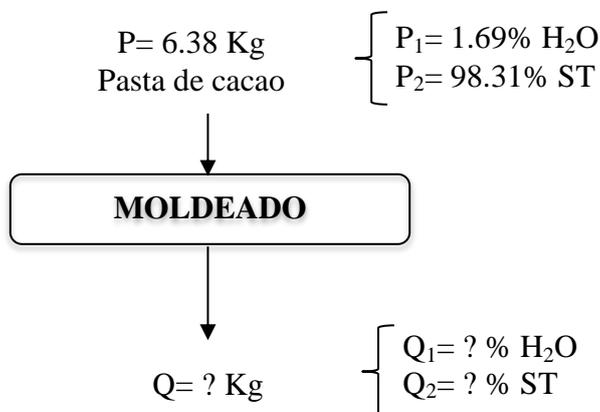
$$N (N_2) = O (O_2) + P (P_2)$$

$$6.52 (0.9831) = 0.137 (0.9831) + 6.38 (P_2)$$

$$P_2 = \frac{6.409 - 0.1346}{6.38}$$

$$P_2 = 0.9831 (100)$$

$$P_2 = 98.31\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de moldeado**

**Balance general de moldeado**

$$P = Q$$

$Q = 6.38$  Kg de pasta de cacao moldeada

**Balance parcial de agua**

$$P (P_1) = Q (Q_1)$$

$$6.38 (0.0169) = 6.38 (Q_1)$$

$$Q_1 = \frac{0.1078}{6.38}$$

$$Q_1 = 0.0169 (100)$$

$$Q_1 = 1.69\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

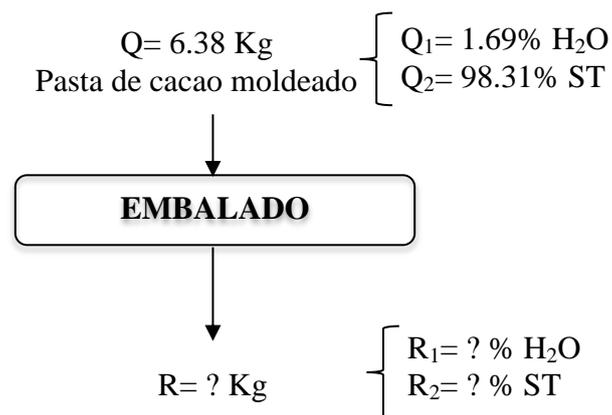
$$P (P_2) = Q (Q_2)$$

$$6.38 (0.9831) = 6.38 (Q_2)$$

$$Q_2 = \frac{6.2722}{6.38}$$

$$Q_2 = 0.9831 (100)$$

$$Q_2 = 98.31\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de embalado****Balance general de moldeado**

$$Q = R$$

$R = 6.38$  Kg de pasta de cacao moldeada

**Balance parcial de agua**

$$Q (Q_1) = R (R_1)$$

$$6.38 (0.0169) = 6.38 (R_1)$$

$$R_1 = \frac{0.1078}{6.38}$$

$$R_1 = 0.0169 (100)$$

$$R_1 = 1.69\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

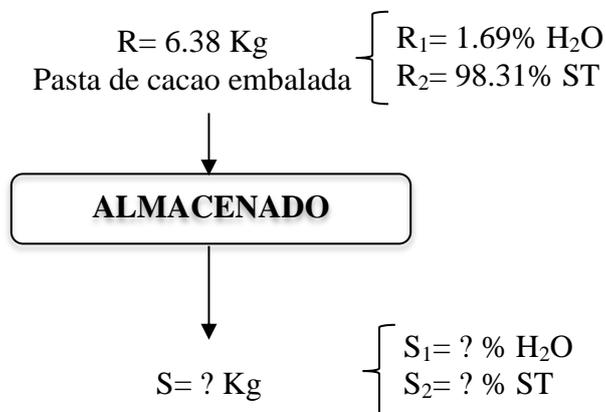
$$Q (Q_2) = R (R_2)$$

$$6.38 (0.9831) = 6.38 (R_2)$$

$$R_2 = \frac{6.2722}{6.38}$$

$$R_2 = 0.9831 (100)$$

$$R_2 = 98.31\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de almacenado****Balance general de almacenado**

$$R = S$$

$$S = 6.38 \text{ Kg de pasta de cacao}$$

**Balance parcial de agua**

$$R (R_1) = S (S_1)$$

$$6.38 (0.0169) = 6.38 (S_1)$$

$$S_1 = \frac{0.1078}{6.38}$$

$$S_1 = 0.0169 \text{ (100)}$$

$$S_1 = 1.69\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

$$\mathbf{R (R_2) = S (S_2)}$$

$$6.38 (0.9831) = 6.38 (S_2)$$

$$S_2 = \frac{6.2722}{6.38}$$

$$S_2 = 0.9831 \text{ (100)}$$

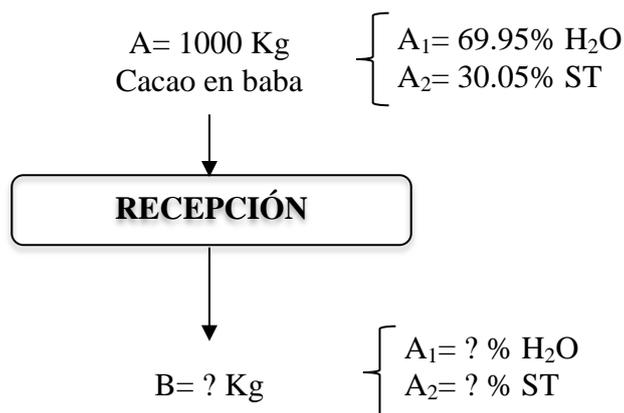
$$S_2 = 98.31\% \text{ ST}$$

## Anexo N° 7

### Balance de materia de la obtención de la pasta de cacao a nivel piloto

Base de cálculo: 1000 Kg

#### Balance de materia de recepción



#### Balance general de recepción

$$A = B$$

$B = 1000 \text{ kg}$  de cacao en baba

#### Balance parcial de H<sub>2</sub>O

$$A (A_1) = B (B_1)$$

$$1000 (0.6995) = 1000 (B_1)$$

$$B_1 = \frac{699.5}{1000}$$

$$B_1 = 0.6995 (100)$$

$B_1 = 69.95\%$  de H<sub>2</sub>O

#### Balance parcial de sólidos totales

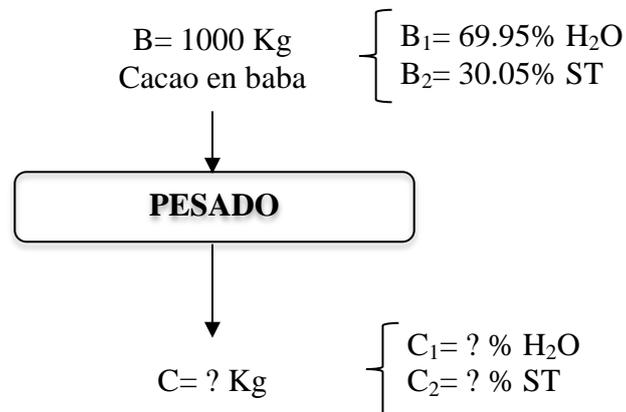
$$A (A_2) = B (B_2)$$

$$1000 (0.3005) = 1000 (B_2)$$

$$B_2 = \frac{300.5}{1000}$$

$$B_2 = 0.3005 (100)$$

$B_2 = 30.05\%$  de ST

**Balance de materia de pesado****Balance general de pesado**

$$B = C$$

$B = 1000 \text{ kg}$  de cacao en baba

**Balance parcial de H<sub>2</sub>O**

$$B (B_1) = C (C_1)$$

$$1000 (0.6995) = 1000 (C_1)$$

$$C_1 = \frac{699.5}{1000}$$

$$C_1 = 0.6995 (100)$$

$$C_1 = 69.95\% \text{ de H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de sólidos totales**

$$B (B_2) = C (C_2)$$

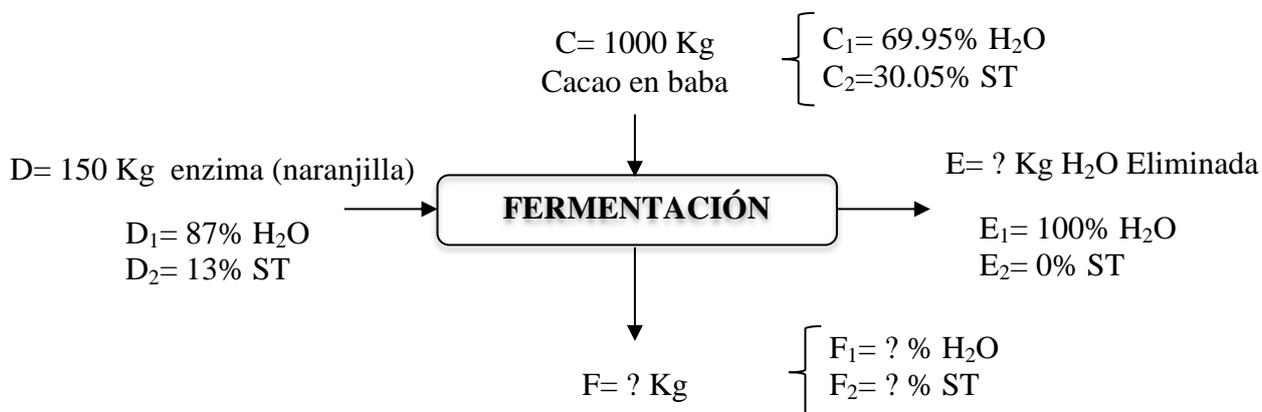
$$10000 (0.3005) = 1000 (C_2)$$

$$C_2 = \frac{300.5}{1000}$$

$$C_2 = 0.3005 (100)$$

$$C_2 = 30.05\% \text{ de ST}$$

### Balance de materia de fermentación



### Dato experimental:

H<sub>2</sub>O eliminada = 40.45 % de (C+D)

### Calculo de la cantidad de agua eliminada

$$E = 40.45\% (C + D)$$

$$E = 40.45\% (1000 + 150)$$

$$E = 40.45\% (1150)$$

$$E = 465.18 \text{ Kg de H}_2\text{O eliminada}$$

### Balance general de fermentación

$$C + D = E + F$$

$$1000 + 150 = 465.18 + F$$

$$F = 1000 + 150 - 465.18$$

$$F = 684.82 \text{ Kg de cacao fermentado}$$

### Balance parcial de agua

$$C (C_1) + D (D_1) = E (E_1) + F (F_1)$$

$$1000 (0.6995) + 150 (0.87) = 465.18 (0.9528) + 684.82 (F_1)$$

$$830 - 443.22 = 684.82 (F_1)$$

$$F_1 = \frac{830 - 443.22}{684.82}$$

$$F_1 = 0.5648 (100)$$

$$F_1 = 56.48 \% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

$$C (C_2) + D (D_2) = E (E_2) + F (F_2)$$

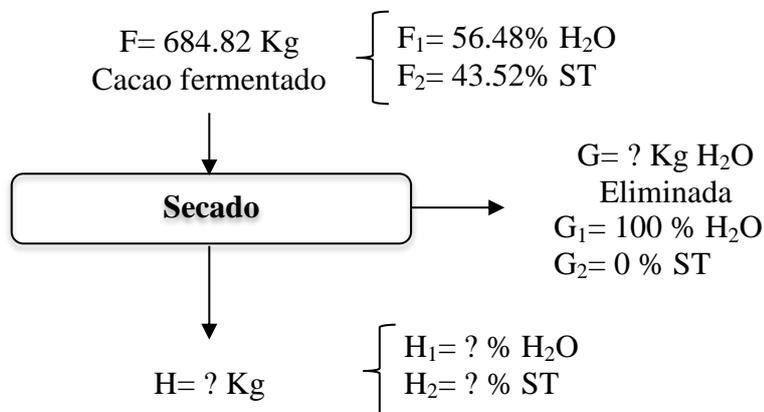
$$1000 (0.3005) + 150 (0.13) = 465.18 (0.0472) + 684.82 (F_2)$$

$$320 - 21.956 = 684.82 (F_2)$$

$$F_2 = \frac{320 - 21.956}{684.82}$$

$$F_2 = 0.4352 (100)$$

$$F_2 = 43.52\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de secado****Dato experimental:**

$\text{H}_2\text{O}$  eliminada = 55.17% de F

**Calculo de la cantidad de agua eliminada**

$$G = 55.17\% (F)$$

$$G = 55.17\% (684.82)$$

$$G = 377.82 \text{ Kg de H}_2\text{O eliminada}$$

**Balance general de secado**

$$F = G + H$$

$$684.82 = 377.82 + H$$

$$H = 684.82 - 377.82$$

$$H = 307 \text{ Kg de cacao seco}$$

**Balance parcial de agua**

$$F (F_1) = G (G_1) + H (H_1)$$

$$684.82 (0.5648) = 377.82 (1) + 307 (H_1)$$

$$H_1 = \frac{386.786 - 377.82}{307}$$

$$H_1 = 0.0292 (100)$$

$$H_1 = 2.92 \% H_2O$$

**Balance parcial de solidos totales**

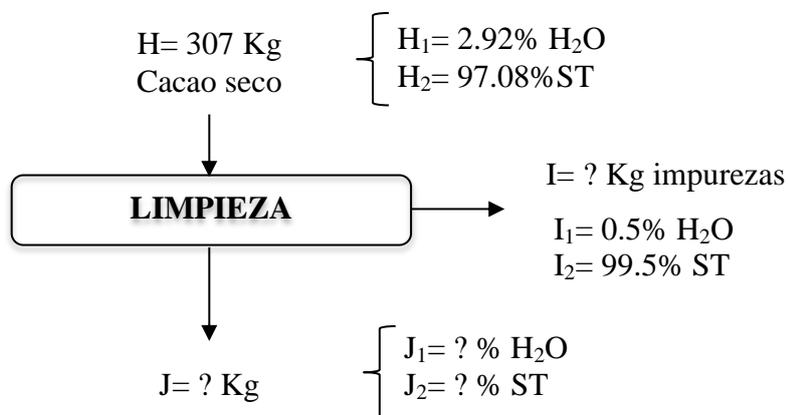
$$F (F_2) = G (G_2) + H (H_2)$$

$$684.82 (0.4352) = 377.82 (0) + 307 (H_2)$$

$$H_2 = \frac{298.03}{307}$$

$$H_2 = 0.9708 (100)$$

$$H_2 = 97.08 \% ST$$

**Balance de materia de limpieza****Dato experimental:**

Impureza eliminada = 0.56% de H

**Calculo de la cantidad de impurezas**

$$I = 0.56 \% (H)$$

$$I = 0.56\% (307)$$

$$I = 1.72 \text{ Kg de impurezas eliminadas}$$

**Balance general de limpieza**

$$H = I + J$$

$$307 = 1.72 + J$$

$$J = 307 - 1.72$$

$$J = 305.28 \text{ Kg de cacao limpio}$$

**Balance parcial de agua**

$$H (H_1) = I (I_1) + J (J_1)$$

$$307 (0.0292) = 1.72 (0.005) + 305.28 (J_1)$$

$$J_1 = \frac{8.964 - 0.0086}{305.28}$$

$$J_1 = 0.02934 (100)$$

$$H_1 = 2.93\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

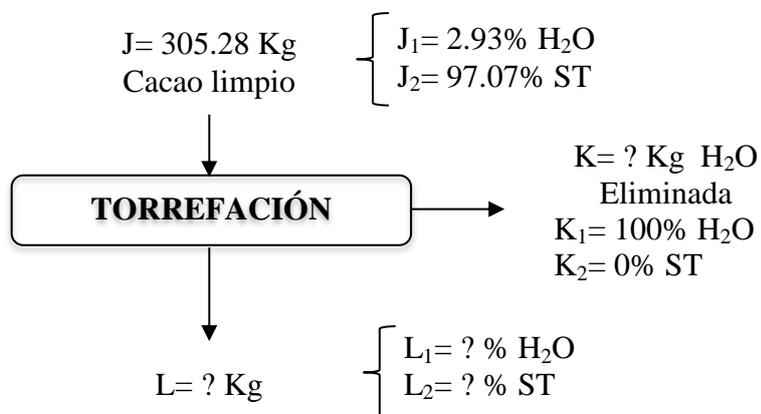
$$H (H_2) = I (I_2) + J (J_2)$$

$$307 (0.9708) = 1.72 (0.995) + 305.28 (J_2)$$

$$J_2 = \frac{298.036 - 1.7114}{305.28}$$

$$J_2 = 0.9707 (100)$$

$$J_2 = 97.07\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de torrefacción**

**Dato experimental:**

H<sub>2</sub>O eliminada= 1.5% de J

**Calculo de la cantidad de agua eliminada**

$$K = 1.5 \% (J)$$

$$K = 1.5\% (305.28)$$

$$K = 4.58 \text{ Kg de H}_2\text{O eliminada}$$

**Balance general de torrefacción**

$$J = K + L$$

$$305.28 = 4.58 + L$$

$$L = 305.28 - 4.58$$

$$L = 300.7 \text{ g de almendras tostadas}$$

**Balance parcial de agua**

$$J (J_1) = K (K_1) + L (L_1)$$

$$305.28 (0.0293) = 4.58 (1) + 300.7 (L_1)$$

$$L_1 = \frac{8.945 - 4.58}{300.7}$$

$$L_1 = 0.0145 (100)$$

$$L_1 = 1.45\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

$$J (J_2) = K (K_2) + L (L_2)$$

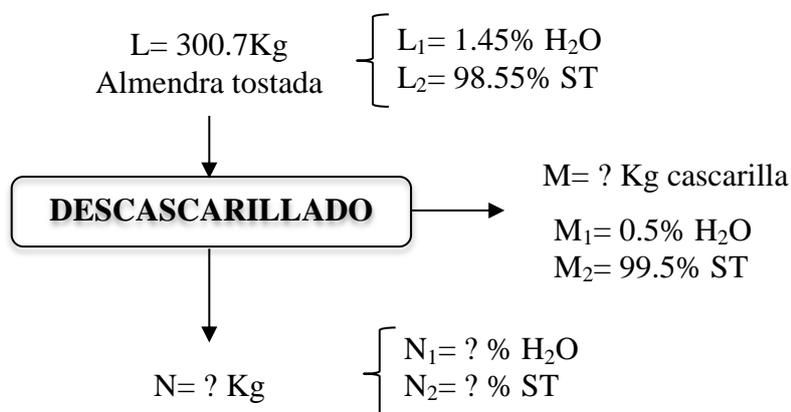
$$305.28 (0.9707) = 4.58 (0) + 300.7 (L_2)$$

$$L_2 = \frac{296.34}{300.7}$$

$$L_2 = 0.9855 (100)$$

$$L_2 = 98.55\% \text{ ST}$$

### Balance de materia de descascarillado



### Dato experimental:

Cascarilla eliminada = 13.38% de L

### Calculo de la cantidad de cascarilla

$$M = 13.38\% (L)$$

$$M = 13.38\% (300.7)$$

$$M = 40.23 \text{ Kg de cascarilla eliminada}$$

### Balance general de descascarillado

$$L = M + N$$

$$300.7 = 40.23 + N$$

$$N = 300.7 - 40.23$$

$$N = 260.47 \text{ kg de almendra descascarillada}$$

### Balance parcial de agua

$$L (L_1) = M (M_1) + N (N_1)$$

$$300.7 (0.0145) = 40.23 (0.005) + 260.47 (N_1)$$

$$N_1 = \frac{4.36 - 0.20}{260.47}$$

$$N_1 = 0.01597 (100)$$

$$N_1 = 1.60\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

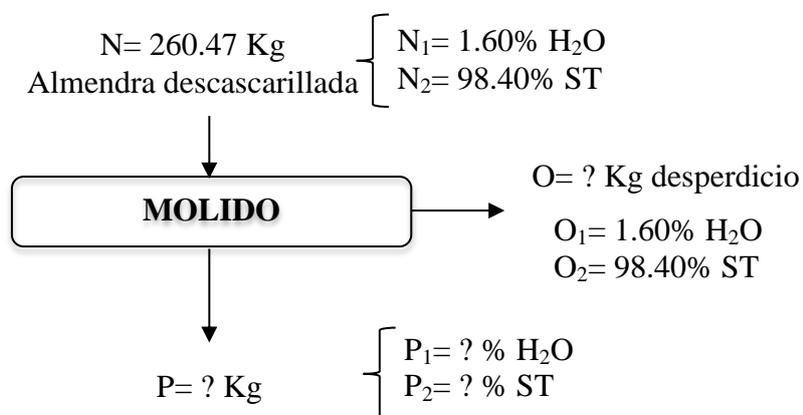
$$L (L_2) = M (M_2) + N (N_2)$$

$$300.7 (0.9855) = 40.23 (0.995) + 260.47 (N_2)$$

$$N_2 = \frac{296,34 - 40,03}{260,47}$$

$$N_2 = 0.9840 (100)$$

$$N_2 = 98.40\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de molido****Dato experimental:**

Desperdicio = 2.10% de N

**Calculo de la cantidad de desperdicio**

$$O = 2.10\% (N)$$

$$O = 2.10\% (260.47)$$

$$O = 5.47 \text{ Kg de desperdicio}$$

**Balance general de molido**

$$N = O + P$$

$$260.47 = 5.47 + P$$

$$P = 260.47 - 5.47$$

$$P = 255 \text{ Kg de pasta de cacao}$$

**Balance parcial de agua**

$$N(N_1) = O(O_1) + P(P_1)$$

$$260.47(0.016) = 5.47(0.016) + 255(P_1)$$

$$P_1 = \frac{4,17 - 0.088}{255}$$

$$P_1 = 0.016(100)$$

$$P_1 = 1,60\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

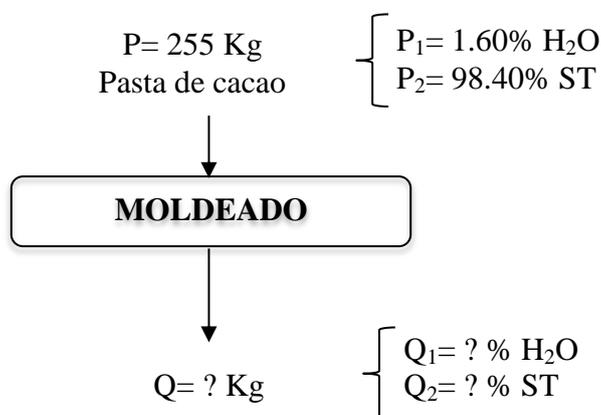
$$N(N_2) = O(O_2) + P(P_2)$$

$$260.47(0.9840) = 5.47(0.9840) + 255(P_2)$$

$$P_2 = \frac{255.30248 - 5,38248}{255}$$

$$P_2 = 0.984(100)$$

$$P_2 = 98.40\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de moldeado****Balance general de moldeado**

$$P = Q$$

$Q = 255 \text{ Kg}$  de pasta de cacao moldeada

**Balance parcial de agua**

$$P (P_1) = Q (Q_1)$$

$$255 (0.0160) = 255 (Q_1)$$

$$Q_1 = \frac{4.08}{255}$$

$$Q_1 = 0.016 (100)$$

$$Q_1 = 1.60\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

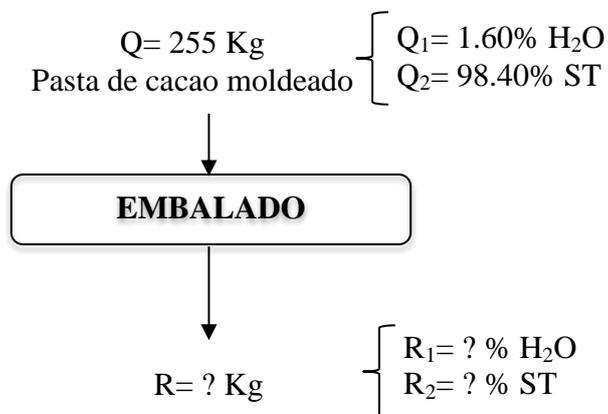
$$P (P_2) = Q (Q_2)$$

$$255 (0.9840) = 255 (Q_2)$$

$$Q_2 = \frac{250.92}{255}$$

$$Q_2 = 0.984 (100)$$

$$Q_2 = 98.40\% \text{ ST}$$

**Balance de materia de embalado****Balance general de moldeado**

$$Q = R$$

$$R = 255 \text{ Kg de pasta de cacao moldeada}$$

**Balance parcial de agua**

$$Q (Q_1) = R (R_1)$$

$$255 (0.0160) = 255 (R_1)$$

$$R_1 = \frac{4.08}{255}$$

$$R_1 = 0.016 (100)$$

$$R_1 = 1.60\% \text{ H}_2\text{O}$$

### Balance parcial de solidos totales

$$Q (Q_2) = R (R_2)$$

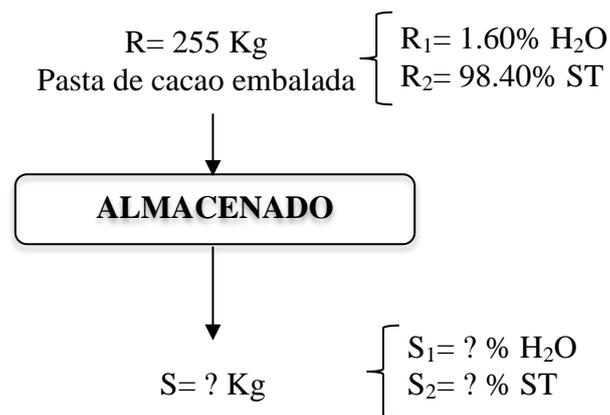
$$255 (0.9840) = 255 (R_2)$$

$$R_2 = \frac{250.92}{255}$$

$$R_2 = 0.984 (100)$$

$$R_2 = 98.40\% \text{ ST}$$

### Balance de materia de almacenado



### Balance general de almacenado

$$R = S$$

$$S = 255 \text{ Kg de pasta de cacao}$$

### Balance parcial de agua

$$R (R_1) = S (S_1)$$

$$255 (0.0160) = 255 (S_1)$$

$$S_1 = \frac{4.08}{255}$$

$$S_1 = 0.016 (100)$$

$$S_1 = 1.60\% \text{ H}_2\text{O}$$

**Balance parcial de solidos totales**

$$\mathbf{R (R_2) = S (S_2)}$$

$$255 (0.9840) = 255 (S_2)$$

$$S_2 = \frac{250.92}{255}$$

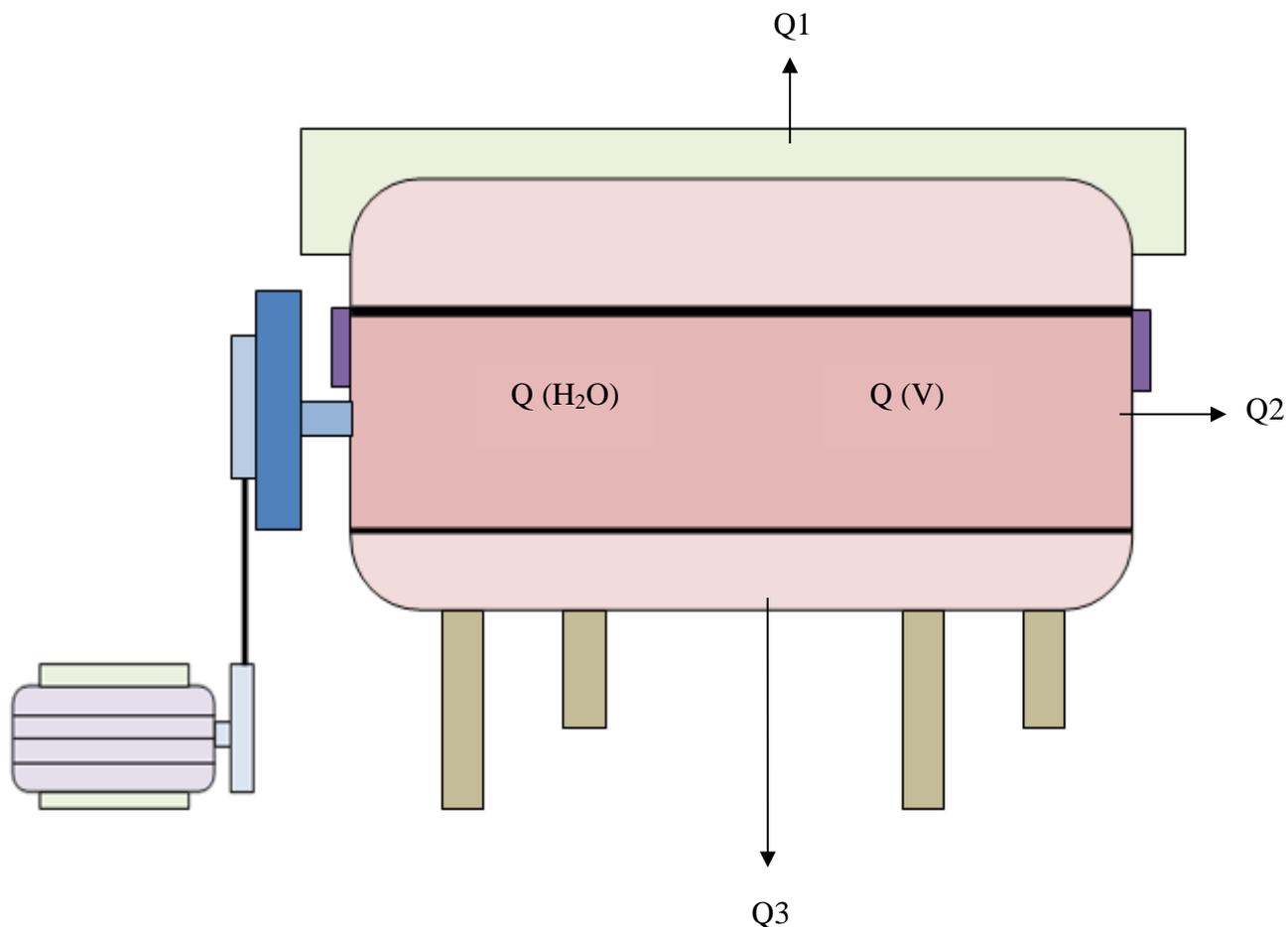
$$S_2 = 0.984 (100)$$

$$S_2 = 98.40\% \text{ ST}$$

## Anexo N° 8

**Balance de energía a nivel de planta piloto para el proceso de torrefacción del cacao seco.**

**Torrefactor.**



**DATOS:**

$$M (\text{Cacao seco}) = 1000 \text{ Kg}$$

$$T_1 = 28 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 97 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 120 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H_{fg_{100 \text{ }^\circ\text{C}}} = 2257.0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

$$C_{p_{\text{agua } 80 \text{ }^\circ\text{C}}} = 4.216 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg } ^\circ\text{K}}$$

$$T = 60 \text{ min}$$

**Nomenclatura.**

$T_1$  = Temperatura ambiente.

$T_2$  = Temperatura del cacao dentro del Torrefactor.

$T_3$  = Temperatura las paredes frontales del Torrefactor.

$T_4$  = Temperatura de las paredes laterales del Torrefactor.

$T$  = Tiempo de proceso.

$Q_1$  = Calor desprendido al ambiente por la parte frontal del cilindro.

$Q_2$  = Calor perdido por la parte lateral del cilindro.

$Q_3$  = Calor perdido por el hogar.

$Q_{H_2O}$  = Calor necesario para evaporara el agua

$Q$  (LI) = Calor que ingresa por el hogar.

**Masa total** =  $M$  (masa total de cacao seco)

Masa total = 1000 kg

$\delta$  cacao seco = 600 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Volumen total} = \frac{M \text{ (total)}}{\delta \text{ (cacao)}} + 0,30 M \text{ (total)}$$

$$\text{Volumen total} = \frac{1000 \text{ Kg}}{600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} + 0,30 M \text{ (total)}$$

$$\text{Volumen total} = 1,67 \text{ m}^3 + 0,30 M \text{ (total)}$$

$$\text{Volumen total} = 1,67 \text{ m}^3 + 0,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 2,17 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del cilindro} = \frac{\pi}{4} * \emptyset^2 * h$$

$$H = 2 * \emptyset$$

$$2.17 \text{ m}^3 = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} * 2\emptyset$$

$$\emptyset^3 = \frac{4 * 2.17 \text{ m}^3}{2 * \pi}$$

$$\sqrt[3]{\emptyset^3} = \sqrt[3]{1.381 \text{ m}^3}$$

$$\emptyset = 1.11 \text{ m}$$

$$L = 2 * \emptyset$$

$$L = 2 * 1.11 \text{ m}$$

$$L = 2.22 \text{ m}$$

Nota: Estas son medidas del equipo despreciando el volumen de los envases y el espacio restante entre envases, con lo cual estos valores aumentaran.

### **Calor perdido por la parte de evaporación**

#### **Balance total de energía**

$$Q_{\text{entra}} = Q_{\text{sale}}$$

$$Q_{\text{llama}} = Q_{(\text{H}_2\text{O})} + Q_{(\text{perdido})}$$

$$Q_{\text{llama}} = Q_{(\text{H}_2\text{O})} + Q_{(v)} + Q_1 + Q_2$$

### Cpm de la almendra de cacao

$$C_{pm} = \%_{H_2O} * C_{p_{H_2O}} + \%_{ST} * C_{p_{ST}}$$

$$C_{pm} = 0.0461 * 4.216 \frac{Kj}{Kg K} + 0.9539 * 1.38 \frac{Kj}{Kg K}$$

$$C_{pm} = 1.5107 \frac{Kj}{Kg K}$$

### Calor del Agua o sensible

$$Q_{(H_2O)} = M * C_p * (T_2 - T_1)$$

$$Q_{(H_2O)} = 969.5 \text{ Kg} * 1.5107 \frac{Kj}{Kg K} * (97 - 28)^\circ K$$

$$Q_{(H_2O)} = 101059.03 \frac{Kj}{60 \text{ min}}$$

$$Q_{(H_2O)} = 1684.3 \frac{Kj}{min}$$

### Calor de vaporización o latente que corresponde al del agua

#### Datos:

$$M_v = 30.5 \text{ kg}$$

$$H_{fg_{100C}} = 2257.0 \text{ Kj/Kg}$$

$$T = 60 \text{ min}$$

$$Q_v = M_v * H_{fg}$$

$$Q_v = 30.5 \text{ Kg} * 2257.0 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

$$Q_v = 68838.5 \frac{\text{Kj}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_v = 1147.31 \frac{\text{Kj}}{\text{min}}$$

**Calor (Q1)** es la pérdida de calor que se en la parte frontal del equipo para lo cual utilizaremos: las “Correlación para la convección libre de superficies planas horizontales”

Fundamentos de la Ingeniería. J. Clair Batty. Pág. 201 – 202

### Datos

$$T_{\text{sup.}} = 120 \text{ C}$$

$$T_{\text{amb.}} = 28 \text{ C}$$

$$T_f = \frac{120 + 28}{2} = 74 + 273 = 347 \text{ K}$$

Se evaluarán las propiedades del aire a 347 K

$$K = 0.02980 \frac{\text{W}}{\text{m C}}$$

$$C_p = 1.0088 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg C}}$$

$$B = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{347} = 0.002882 \text{ K}^{-1}$$

$$U = 2.0695 * 10^5 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}$$

$$\rho = 1.0088 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Pr} = 0.698$$

$$L = 2.22 \text{ m}$$

$$g = 9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Gr} = \frac{g * B (T_s - T_a) \rho^2 * D^3}{U^2}$$

$$\text{Gr} = \frac{9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.002882 \text{ K}^{-1} (120 - 28) \left(1.0088 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)^2 * (2.22 \text{ m})^3}{\left(2.0695 * 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}\right)^2}$$

$$\text{Gr} = 6.7 * 10^{10}$$

$$\text{Gr} * \text{Pr} = 6.7 * 10^{10} * 0.698$$

$$\text{Gr} * \text{Pr} = 4.7 * 10^{10}$$

➤ La correlación simplificada de convección libre en el aire para cilindros horizontales en donde  $\rightarrow h = 1.24 (\Delta T)^{1.3}$

$$h = 1.24 (120 - 28)^{1.3}$$

$$h = 442.94 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ C}}$$

### Calculo del área lateral del cilindro

#### Datos:

$$\varnothing = 1.11 \text{ m}$$

$$r = 0.555 \text{ m}$$

$$H = 2.22 \text{ m}$$

$$\text{Area lateral (Al)} = \pi * D * L$$

$$Al = \pi * 1.11 \text{ m} * 2.22 \text{ m}$$

$$Al = 7.74 \text{ m}^2$$

#### Calor 1

$$Q_1 = h * A (T_s - T_a)$$

$$Q_1 = 442.94 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ C}} * 7.74 \text{ m}^2 (120 - 28)^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 412362.61 \frac{\text{J}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{60 \text{ min}}$$

$$Q_1 = 24741756.69 \frac{\text{J}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ Kj}}{1000 \text{ J}}$$

$$Q_1 = 24741.76 \frac{\text{Kj}}{\text{min}}$$

**Calor (Q2)** es la pérdida de calor que se en la parte lateral del equipo para lo cual utilizaremos: las “Correlación para la convección libre de verticales”

Fundamentos de la Ingeniería. J. Clair Batty. Pág. 201 – 202

### Datos

$$T_{\text{sup.}} = 115 \text{ C}$$

$$T_{\text{amb.}} = 28 \text{ C}$$

$$T_f = \frac{115 + 28}{2} = 71.5 + 273 = 344.5 \text{ K}$$

Se evaluarán las propiedades del aire a 344.5 K

### Nomenclatura

K = Coeficiente de transferencia de calor del aire

Cp. =

B = Coeficiente isobárico.

U = Viscosidad del aire.

$\delta$  = Densidad del aire

Pr = Numero adimensional de Prandtl.

L = Longitud

G = Gravedad

Gr = Numero adimensional de Grashof

$$K = 0.02961 \frac{\text{W}}{\text{m C}}$$

$$C_p = 1.0086 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg C}}$$

$$B = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{344.5} = 0.002903 \text{ K}^{-1}$$

$$U = 2.0645 * 10^5 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}$$

$$\rho = 1.0177 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Pr} = 0.698$$

$$D = 1.11 \text{ m}$$

$$g = 9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Gr} = \frac{g * B (T_s - T_a) \rho^2 * D^3}{U^2}$$

$$\text{Gr} = \frac{9.78 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.002903 \text{ K}^{-1} (115 - 28) \left(1.0177 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)^2 * (1.11 \text{ m})^3}{\left(2.0645 * 10^{-5} \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}\right)^2}$$

$$\text{Gr} = 8.2 * 10^9$$

$$\text{Gr} * \text{Pr} = 8.2 * 10^9 * 0.698$$

$$\text{Gr} * \text{Pr} = 5.7 * 10^9$$

➤ La correlación para una superficie inferior calentada o la superficie superior de la placa enfriada es:

$$\text{Nu} = 0.25 (\text{Gr} * \text{Pr})^{0.25}$$

- Para el nivel turbulento ( $2 * 10^7 < GRPr < 3 * 10^{10}$ )
- La correlación para una superficie inferior calentada o la superficie superior de la placa enfriada es:

$$Nu = 0.14 (GR * Pr)^{0.33}$$

$$Nu = 0.14 (5.7 * 10^9)^{0.33}$$

$$Nu = 232.04$$

$$h = \frac{Nu * k}{D}$$

$$h = \frac{232.04 * 0.02961 \frac{W}{m^2 C}}{1.11 m}$$

$$h = 6.19 \frac{W}{m^2 C}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi (1.11m)^2}{4}$$

$$A = 0.97 m^2$$

$$Q_2 = h * A (T_s - T_a)$$

$$Q_2 = 6.19 \frac{W}{m^2 C} * 0.97 m^2 (115 - 28)^\circ C$$

$$Q_2 = 521.13 \frac{J}{s} * \frac{3600 s}{60 min}$$

$$Q_2 = 31267.78 \frac{J}{min} * \frac{1 KJ}{1000 J}$$

$$Q_2 = 31.27 \frac{Kj}{min}$$

$$Q_{\text{producto practico experimental}} = Q_{\text{total}} - Q_{\text{paredes horizontales}} - Q_{\text{paredes verticales}}$$

$$Q_{\text{producto practico experimental}} = 479.20 \text{ kw} - 412.36 \text{ kw} - 0.52 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{producto practico experimental}} = 66.32 \text{ kw}$$

$$Q_{\text{teórico}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{latente}} + \text{perdida (30\%)}$$

$$Q_{\text{teórico}} = 28.07 + 19.12 + 14.16$$

$$Q_{\text{teórico}} = 61.35 \text{ kw}$$

### Porcentaje de error

$$\% \text{ Error} = 100 - \left( \frac{\text{calor teórico del producto}}{\text{calor práctico del producto}} * 100 \right)$$

$$\% \text{ Error} = 100 - \left( \frac{61.35 \text{ kw}}{66.32 \text{ kw}} * 100 \right)$$

$$\% \text{ Error} = 100 - 92.51$$

$$\% \text{ Error} = 7.50$$

**El calor de la llama o (QLI):** Es el calor suministrado al sistema por medio de la llama producida por algún equipo adyacente.

$$\text{PC gas} = 50\% \text{ Butano} + 50\% \text{ Propano}$$

$$\text{PC Butano} = 50448.26 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{PC Propano} = 49559 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{PC Gas} = 0.5 (50448.26 \text{ kJ/kg}) + 0.5 (49559 \text{ kJ/kg})$$

$$\text{PC Gas} = 50003.63 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Relación de consume de gas} = 0.345 \text{ gr} \rightarrow 10\text{kg}$$

$$Q_{LI} = \frac{M_c * PC}{t}$$

$$Q_{LI} = \frac{34.5 \text{ Kg} * 50003.63 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_{LI} = \frac{2000145.2 \text{ Kj}}{3600 \text{ s}}$$

$$Q_{LI} = 479.20 \text{ kw}$$

**Calor 3 o (Q3):** Es el calor perdido durante todo el proceso que se realiza en este equipo

$$Q_3 = Q_{LI} - Q_{H_2O} + Q_v + Q_1 + Q_2$$

Calor aprovechado o requerido durante el proceso

$$Q_p = Q_{H_2O} + Q_v + Q_1 + Q_2$$

$$Q_p = 1684.3 + 1143.31 + 24741.76 + 31.27$$

$$Q_p = 27604.64 \frac{Kj}{min} * \frac{1 min}{60 seg}$$

$$Q_p = 460.08 Kw$$

Calor desperdiciado durante el proceso

$$Q_3 = 479.20 kw - 460.08 kw$$

$$Q_3 = 19.12 Kw$$

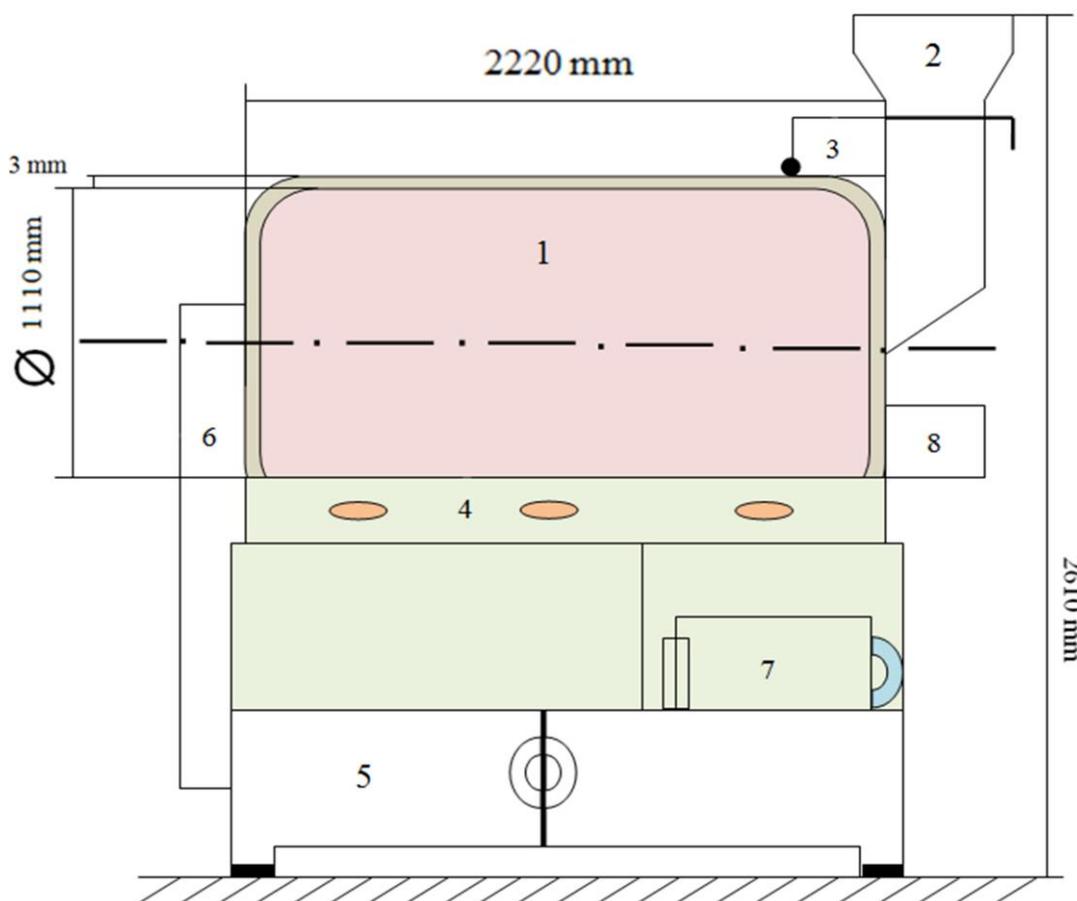
**Coefficiente global de transferencia de calor.**

$$Q = A * U * \Delta T$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T}$$

$$U = \frac{66.32}{7.74 * 69}$$

$$U = 0.129 \frac{w}{m^2 \circ C}$$

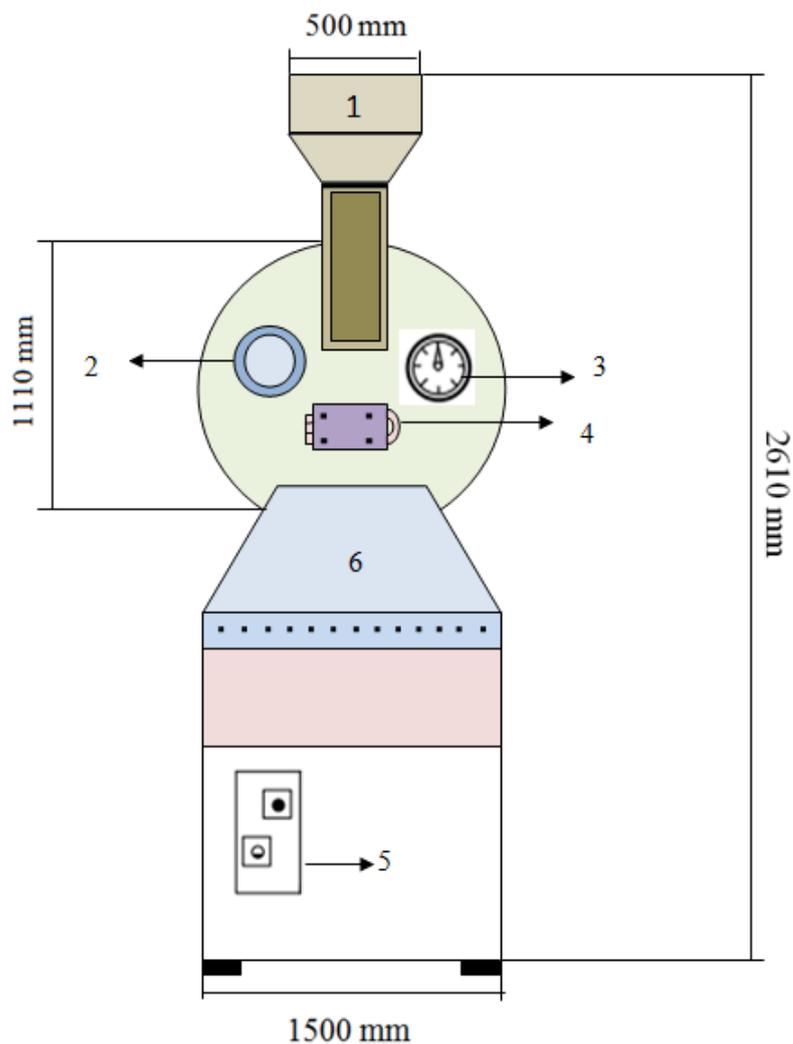


### SIMBOLOGÍA

1	Cilindro del tostador.
2	Entrada del cacao seco al tostador.
3	Trampa de escape del agua evaporada
4	Hogar del llama o del vapor
5	Compuerta de ubicación del motor.
6	Banda desde el motor hacia el rodillo del cilindro.
7	Compuerta de limpieza
8	Trampa para la verificación de granos secos.

### UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

<b>DISEÑO:</b> PAUL SINCHE	<b>VISTA FRONTAL DEL TORREFACTOR O TOSTADOR DE CACAO</b>	<b>FECHA:</b> 04/10/2013
<b>DIBUJO:</b> PAUL SINCHE		<b>ESCALA:</b> 1:10
<b>APROBÓ:</b> ING. MORALES		<b>PLANO:</b> N° 1



### SIMBOLOGÍA

1	Tolva de carga.
2	Mirilla para verificar tueste.
3	Termómetro de temperatura.
4	Compuerta para toma de muestras del tueste.
5	Automático del motor.
6	Hogar del combustible.

### UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**DISEÑO:** PAUL SINCHE

**DIBUJO:** PAUL SINCHE

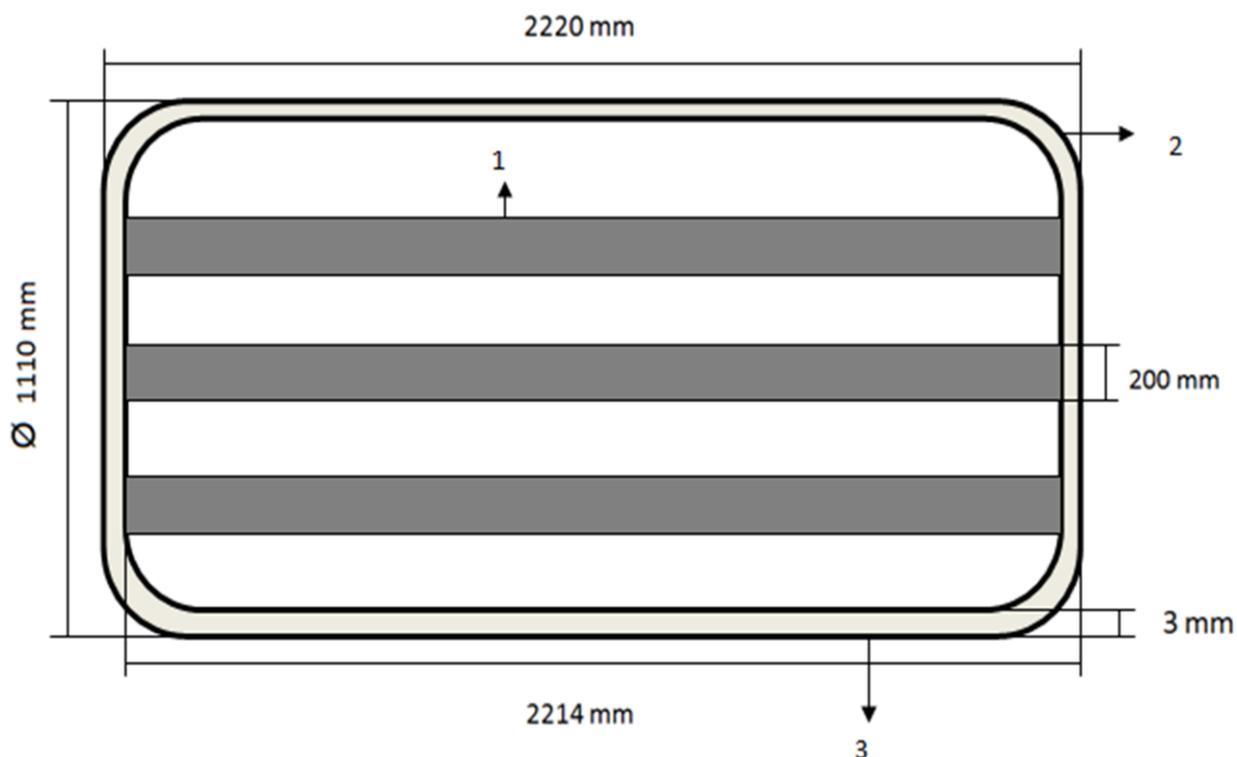
**APROBÓ:** ING. MORALES

### VISTA LATERAL DEL TORREFACTOR O TOSTADOR DE CACAO

**FECHA:** 04/10/2013

**ESCALA:** 1:10

**PLANO:** N° 2



### SIMBOLOGÍA

1	Deflectores para el tueste, tipo acero inoxidable → AISI 304
2	Espesor del cilindro.
3	Cubierta del cilindro, tipo acero inoxidable → AISI 304

### UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

<b>DISEÑO:</b> PAUL SINCHE	<b>VISTA LATERAL DEL CILINDRO DEL TORREFACTOR</b>	<b>FECHA:</b> 04/10/2013
<b>DIBUJO:</b> PAUL SINCHE		<b>ESCALA:</b> 1:10
<b>APROBÓ:</b> ING. MORALES		<b>PLANO:</b> N° 3

**Características**

1. Capacidad = 1000 kg/ H
2. Tipo acero inoxidable: AISI 304
3. Espesor del cilindro: 3 mm
4. Combustible: 34.5 kg de GLP

**Dimensiones del cilindro**

1. Diámetro: 1110 mm
2. Largo: 2220 mm
3. Largo de los deflectores: 2214 mm
4. Ancho de los deflectores: 200 mm

**Dimensiones generales del equipo.**

1. Altura total del equipo: 2610 mm
2. Ancho de la tolva: 500 mm
3. Altura de la tolva: 800 mm
4. Mirilla de verificación de diámetro: 200 mm
5. Termómetro tipo digital
6. Motor: de 6 HP
7. RPM: 40

### Cálculo de la Potencia requerida

#### Datos:

**P** = Potencia

**K** = Factor de potencia

**$\rho$**  = Densidad

**N** = Velocidad angular

**D** = Ancho de los  
deflectores

$$P = \frac{K}{gc} (\rho \times N^3 \times D^5)$$

$$P = \frac{0.32}{Kgxm/Nxseg^2} (600Kg/m^3)(40rad/seg)^3(0.2m)^5$$

$$P = 3932.16 \text{ Watts} = 3.9 \text{ Kwatts} (1.341HP/1Kwatt) = 5.229 \text{ HP} \rightarrow 6 \text{ HP}$$

## Anexo N° 9

## Porcentaje de fermentación y defectos en almendras secas

Tratamientos	Fermentación			Defectos		
	BUENAS	MEDIANAS	TOTAL	VIOLETAS	PIZARRA	MOHO
E 5 días	34,67	37,67	72,33	27,67	0,00	0,00
E 7 días	45,67	39,67	85,33	14,67	0,00	0,00
L 5 días	30,33	33,33	63,67	36,33	0,00	0,00
L 7 días	39,33	38,67	78,00	22,00	0,00	0,00
E - L 5 días	22,00	33,00	55,00	45,00	0,00	0,00
E - L 7 días	29,00	38,33	67,33	32,67	0,00	0,00
T 5 días	43,00	38,00	81,00	19,00	0,00	0,00
T 7 días	40,67	39,33	80,00	20,00	0,00	0,00
<b>Promedio</b>	35,58	37,25	72,83	27,17	0,00	0,00
<b>V. Máximo</b>	45,67	39,67	85,33	45,00	0,00	0,00
<b>V. Mínimo</b>	22,00	33,00	55,00	14,67	0,00	0,00
<b>C.V. (%)</b>	15,22	15,48	5,41	14,51	0,00	0,00

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

## Anexo N° 10

Análisis de varianza para los datos experimentales de porcentaje fermentación de cacao y defectos del cacao

## Fermentación buena

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
buena	24	0,74	0,63	15,22	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1358,5	7	194,07	6,62	0,0009
tratamientos	1358,5	7	194,07	6,62	0,0009
t7 vs. t8	8,17	1	8,17	0,28	0,6050
<b>t7 vs. resto</b>	<b>232,07</b>	<b>1</b>	<b>232,07</b>	<b>7,91</b>	<b>0,0125</b>
t7 vs. t2	10,67	1	10,67	0,36	0,5549
t2 vs. t8	37,5	1	37,5	1,28	0,2749
t2 vs. t4	60,17	1	60,17	2,05	0,1713
<b>t2 vs. t1</b>	<b>181,5</b>	<b>1</b>	<b>181,5</b>	<b>6,19</b>	<b>0,0243</b>
Error	469,33	16	29,33		
Total	1827,83	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

### Fermentación media

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
mediana	24	0,21	0	15,48

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	142,5	7	20,36	0,61	0,7381
tratamientos	142,5	7	20,36	0,61	0,7381
Error	532	16	33,25		
Total	674,5	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

### Fermentación total

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
total	24	0,9	0,85	5,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2200,67	7	314,38	20,23	<0,0001
tratamientos	2200,67	7	314,38	20,23	<0,0001
t7 vs t8	1,5	1	1,5	0,1	0,7601
<b>t7 vs resto</b>	<b>295,63</b>	<b>1</b>	<b>295,63</b>	<b>19,02</b>	<b>0,0005</b>
t7 vs t2	28,17	1	28,17	1,81	0,197
t2 vs. t8	42,67	1	42,67	2,75	0,117
<b>t2 vs. t4</b>	<b>80,67</b>	<b>1</b>	<b>80,67</b>	<b>5,19</b>	<b>0,0368</b>
Error	248,67	16	15,54		
Total	2449,33	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

## Defectos violetas

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Violeta	24	0,9	0,85	14,51	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2200,67	7	314,38	20,23	<0,0001
tratamientos	2200,67	7	314,38	20,23	<0,0001
t7 vs.t8	1,5	1	1,5	0,1	0,7601
<b>t7 vs.resto</b>	<b>295,63</b>	<b>1</b>	<b>295,63</b>	<b>19,02</b>	<b>0,0005</b>
t7 vs.t2	28,17	1	28,17	1,81	0,197
t2 vs. t8	42,67	1	42,67	2,75	0,117
<b>t2 vs. t4</b>	<b>80,67</b>	<b>1</b>	<b>80,67</b>	<b>5,19</b>	<b>0,0368</b>
Error	248,67	16	15,54		
Total	2449,33	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

## Anexo N° 11

## Análisis de varianza para los datos experimentales de humedad del cacao

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
humedad	24	0,25	0	13,22	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,94	7	0,13	0,77	0,6216
tratamiento	0,94	7	0,13	0,77	0,6216
Error	2,8	16	0,17		
Total	3,74	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

## Anexo N° 12

## Análisis de varianza para los datos experimentales de teobromina del cacao

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
humedad	24	0,25	0	13,22	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,94	7	0,13	0,77	0,6216
tratamiento	0,94	7	0,13	0,77	0,6216
Error	2,8	16	0,17		
Total	3,74	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

### Anexo N° 13

#### Análisis de varianza para los datos experimentales de pH del cacao

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH	24	0,89	0,84	1,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,55	7	0,08	18,01	<0,0001
tratamientos	0,55	7	0,08	18,01	<0,0001
t7 vs. t8	0,18	1	0,18	42,49	<0,0001
t3 vs. t6	8,20E-04	1	8,20E-04	0,19	0,6697
t3 vs. t2	8,20E-04	1	8,20E-04	0,19	0,6697
t3 vs. t1	4,30E-03	1	4,30E-03	0,99	0,3354
t3 vs. t5	0,01	1	0,01	1,39	0,2555
<b>t3 vs. t7</b>	<b>0,03</b>	<b>1</b>	<b>0,03</b>	<b>6,48</b>	<b>0,0216</b>
Error	0,07	16	4,30E-03		
Total	0,61	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

### Anexo N° 14

#### Análisis de varianza para los datos experimentales de acidez del cacao

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Acidez	24	0,93	0,9	11,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	7	0,01	30,53	<0,0001
tratamiento	0,07	7	0,01	30,53	<0,0001
t7 vs. t8	0,01	1	0,01	19,51	0,0004
t1 vs. t3	2,70E-04	1	2,70E-04	0,78	0,3901
t1 vs. t5	1,10E-03	1	1,10E-03	3,12	0,0963
<b>t1 vs. t6</b>	<b>2,00E-03</b>	<b>1</b>	<b>2,00E-03</b>	<b>5,9</b>	<b>0,0273</b>
Error	0,01	16	3,40E-04		
Total	0,08	23			

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

## Anexo N° 15

## Puntuación de aroma en las muestras de pasta de cacao

Análisis de Aroma																		
Diagnostico	N	%	E 5 d	%	E 7 d	%	L 5 d	%	L 7 d	%	E - L 5 d	%	E - L 7 d	%	T 5 d	%	T 7 d	%
Muy Agradable	9	60	3	20	5	33,33	4	26,67	0	0	3	20	1	6,67	4	26,67	1	6,67
Agradable	6	40	6	40	3	20,00	5	33,33	5	33,33	5	33,33	7	46,67	5	33,33	6	40,00
Aceptable	0	0	6	40	6	40,00	6	40,00	9	60	7	46,67	6	40,00	6	40,00	8	53,33
Desagradable	0	0	0	0	1	6,67	0	0	1	6,67	0	0,00	1	6,67	0	0,00	0	0,00
<b>Total</b>	15	100	15	100	15	100	15	100	15	1000	15	100	15	100	15	100	15	100

(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; N cacao nacional)

**Elaborado por:** Paul Sinche 2013.

### Anexo N° 16

#### Resultados obtenidos de pH, humedad, teobromina y acidez

Tratamientos	pH	Humedad	Teobromina	Acidez
E 5 días	5,05	3,30	1,39	0,10
E 7 días	5,08	3,06	1,46	0,16
L 5 días	5,10	3,20	1,39	0,12
L 7 días	4,90	2,97	1,47	0,19
E - L 5 días	5,04	3,47	1,34	0,13
E - L 7 días	5,08	3,37	1,39	0,14
T 5 días	4,96	3,13	1,45	0,21
T 7 días	4,61	2,83	1,45	0,28
<b>Promedio</b>	4,98	3,16	1,42	0,17
<b>V. Máximo</b>	5,10	3,47	1,47	0,28
<b>V. Mínimo</b>	4,61	2,83	1,34	0,10
<b>C.V. (%)</b>	1,32	13,22	3,58	11,06

Elaborado por: Paul Sinche 2013.

### Anexo N° 17

#### Resultados de sabores de las muestras de pasta de cacao

Tratamiento	Sabores básicos				Sabores específicos				
	Acidez	Amargo	Astringencia	Dulce	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Otros
Nacional	3,00	4,60	3,40	0,60	7,60	0,60	0,60	0,40	0,00
E 5 d	4,33	5,20	4,40	0,00	4,73	2,80	0,80	0,53	0,00
E 7 d	4,13	5,20	4,13	0,00	7,13	2,47	0,47	1,93	0,27
L 5 d	4,13	5,87	4,93	0,00	6,80	0,80	1,27	0,53	0,00
L 7 d	4,20	4,73	4,13	0,00	4,27	1,87	1,33	0,47	0,00
E-L 5 d	4,27	5,40	4,47	0,00	4,33	1,53	2,73	0,40	0,27
E-L 7 d	4,60	5,87	4,93	0,00	3,80	2,00	1,93	1,60	0,53
T 5 d	3,13	5,33	4,33	0,00	5,53	0,93	0,60	0,80	0,00
T 7 d	6,07	6,13	4,67	0,00	4,47	1,33	2,47	0,53	0,00

(E = enzima PPO; L = levadura *S. cerevisiae*; d = días; N cacao nacional)

Elaborado por: Paúl Sinche 2013.

### Anexo N° 18

#### Costo tratamiento testigo (blanco) fermentado durante 7 días

##### Costo A

Producto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Cacao CCN-51	\$ 31,00	0,55 qq	\$ 17,05
Caja de fermentación	\$ 7,00	1	\$ 7,00
			\$ 24,05

##### Costo B

Detalle	Cantidad	Total
Mano de obra	5 % Costo A	\$ 1,20
Energía	10 % Costo A	\$ 2,41
Utilidad	20 % Costo A	\$ 4,81
Depreciación de maquinaria	5 % Costo A	\$ 1,20
		\$ 9,62

##### Costo Total

Costo A	\$ 24,05
Costo B	\$ 9,62
	\$ 33,67

**Elaborado por:** Paúl Sinche 2013.

## Anexo N° 19

### Fotografías del proceso de fermentación y secado del cacao CCN-51

#### Recepción



#### Fermentación



### Secado



### Análisis



### Tostado y molido

