

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de Alimentos**



**TECNOLOGÍA POSCOSECHA PARA EL MEJORAMIENTO DE  
LA CALIDAD DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN 51  
ORGÁNICO**

**TESIS**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por:**

**JENNY ISABEL MANDUJANO PAREDES**

**Tingo Maria – PERÚ**

**2013**



**T**

**IND**

**Mandujano Paredes, Jenny Isabel**

Tecnología Pos cosecha para el Mejoramiento de la Calidad de Cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN 51 Orgánico

69 páginas; 28 cuadros; 21 fgrs.; 32 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, 2014

**1. CACAO**

**2. FERMENTACION**

**3. SECADO**

**4. COSECHA**

**5. ALMACENAMIENTO**

**6. SENSORIAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**Tingo María**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156

Apart. Postal 156 Tingo María E.mail: fia@unas.edu.pe

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 28 de Mayo de 2013, a horas 6:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bach. **MANDUJANO PAREDES, Jenny Isabel**, titulada:

**“TECNOLOGÍA POSCOSECHA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CCN 51 ORGÁNICO”**

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

Tingo María, 28 de Mayo de 2013

Ing. Mg. Pedro A. Vejarano Jara  
Presidente

Ing. Mg. Gunter Daza Rengifo  
Miembro

Ing. MSc. Yolanda Ramirez Trujillo  
Miembro

Dr. Raul Natividad Ferrer  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A Dios sobre toda las cosas, por brindarme salud y sabiduría para el logro de mi formación profesional.

A mis queridos padres, Alcides Mandujano Espinoza y María Lastenia Paredes Paredes, a mi querida hermana Lidia, quienes me brindaron su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, alma mater donde realicé mi formación profesional.
- Al Dr. Enrique Arévalo Gardini, Coordinador del Instituto de Cultivos Tropicales por las facilidades brindadas para el desarrollo del presente trabajo.
- A las Instituciones como la Cooperativa Cacaotera Acopagro Ltda, Instituto de Investigación de la Amazonia –INIA, Asociación de Productores de Cacao en el Perú – APPCACAO, quienes me brindaron todas las facilidades para el desarrollo del presente trabajo de Investigación.
- Al Dr. Raúl Natividad Ferrer, patrocinador de la tesis, por su valioso aporte de sus conocimientos brindados para la realización del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Jaime Basilio, Copatrocinador del presente trabajo, por su apoyo y colaboración.
- Al Dr. Tito Arnaldo Hernández Terrones, a quien considero una gran persona por haberme orientado para mi experiencia laboral.
- Al Ing. Caleb Leandro Laguna de manera especial, por su apoyo incondicional y moral, en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Segundo Arturo Urrelo, quien me apoyo en el logro de mis aspiraciones profesionales.
- A la Dra. Elizabeth Ordoñez, a quien agradezco de manera especial por su apoyo moral y espiritual, en logro de mis objetivos.

## INDICÉ GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Origen del cacao: clon CCN-51.....	3
2.2. Características botánicas de la mazorca de cacao CCN-51.....	3
2.3. Características físicas del cacao CCN-51.....	4
2.4. Tipos genéticos.....	4
2.4.1. Criollos.....	4
2.4.2. Forasteros.....	5
2.5. Características morfológicas de la mazorca.....	5
2.6. Composición fisicoquímica.....	6
2.7. Cosecha del cacao.....	7
2.8. Beneficio del cacao.....	8
2.8.1. Quiebra.....	8
2.8.2. Fermentación.....	9
2.8.2.1. Fermentación anaeróbica.....	13
2.8.2.2. Fermentación aeróbica.....	14
2.8.3. Secado.....	15

2.8.4. Almacenamiento.....	
2.9. Control de calidad.....	18
2.9.1. Calidad física de cacao en grano.....	18
2.9.2. Factores condicionantes de la calidad.....	18
2.9.2.1. Aroma.....	18
2.9.2.2. Tostado.....	20
2.9.2.3. Genotipo.....	20
2.9.3. Calidad química.....	20
2.9.4. Calidad organoléptica.....	20
2.10. Tipos de cacao en el mercado.....	21
2.10.1. Cacao corriente.....	21
2.10.2. Cacao fino o de aroma.....	21
2.11. Evaluación sensorial del licor de cacao.....	22
2.11.1. Sabor a cacao.....	22
2.11.2. Acidez.....	22
2.11.3. Astringencia.....	22
2.11.4. Amargor.....	23
2.11.5. El sabor frutal.....	23
2.11.6. El sabor floral.....	23
2.11.7. El sabor nuez.....	23
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
3.1. Lugar de ejecución.....	24
3.2. Materia prima.....	24
3.3. Materiales, equipos y reactivos.....	24

3.3.1. Materiales.....	
3.3.2. Equipos de laboratorio.....	25
3.3.3. Reactivos.....	25
3.4. Métodos de análisis.....	26
3.4.1 Medida de la temperatura de la masa de cacao.....	26
3.4.2 Análisis fisicoquímico.....	26
3.4.3 Evaluación física de los granos fermentados y secos	26
3.4.4 Evaluación sensorial del licor de cacao.....	26
3.5. Metodología experimental.....	26
3.5.1. Reposo de las mazorcas, frecuencia de remoción y secado de granos.....	26
3.5.2. Evaluación fisicoquímica en el tiempo de reposo de las mazorcas y la frecuencia de remoción de los granos fermentados.....	30
3.5.3. Evaluación fisicoquímica después del proceso de secado.....	31
3.5.4. Evaluación sensorial del licor del cacao.....	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>33</b>
4.1. Tiempo de reposo más adecuado de las mazorcas de cacao CCN-51.....	33
4.1.1. Efecto del tiempo de reposo de las mazorcas en la fermentación.....	33
4.1.1.1. En los sólidos solubles totales (SST).....	33
4.1.1.2. En el pH.....	34



4.1.1.3. En la acidez.....	36
4.1.1.4. En la temperatura.....	38
4.1.2. Efecto del tiempo de reposo de las mazorcas después del proceso de secado.....	41
4.1.2.1. En la humedad.....	41
4.1.2.2. En el índice de fermentación.....	43
4.1.2.3. En el pH.....	44
4.1.2.4. En la acidez.....	46
4.2. Frecuencia de remoción de los granos de cacao, más adecuada .....	48
4.2.1. Efecto de la frecuencia de remoción de los granos durante la fermentación.....	48
4.2.1.1. En los sólidos solubles totales (SST).....	48
4.2.1.2. En el pH.....	49
4.2.1.3. En la acidez.....	51
4.2.1.4. En la temperatura.....	52
4.2.2. Efecto de la frecuencia de remoción en los granos después del proceso de secado.....	55
4.2.2.1. En la humedad.....	55
4.2.2.2. En el índice de fermentación.....	56
4.2.2.3. En el pH.....	58
4.2.2.4. En la acidez.....	60
4.3. Método de secado más adecuado para los granos de cacao CCN-51.....	61

4.3.1. Porcentaje de humedad.....	61
4.3.2. Índice de fermentación.....	62
4.3.3. Determinación del pH.....	64
4.3.4. Determinación de la acidez.....	65
4.4. Evaluación sensorial de los granos de cacao fermentado y seco.....	66
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>VII. ABSTRACT.....</b>	<b>72</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
1. Composición fisicoquímica del cotiledón de tres variedades de cacao.....	6
2. Composición fisicoquímica del grano y licor de cacao.....	7
3. Algunos aspectos de los granos de cacao en el proceso de fermentación.....	11
4. Diferencias entre los granos fermentados y no fermentados.....	12
5. Equilibrio del porcentaje de humedad de granos de cacao en función a la humedad ambiental.....	17
6. Efecto de la fermentación y el secado en el sabor de cacao.....	21
7. Cuantificación de los SST en el sexto día de fermentación según tiempo de reposo de las mazorcas.....	33
8. Comparación del pH a los seis días de fermentación.....	35
9. Comparación de la acidez a los seis días de fermentación según tiempo de reposo.....	37
10. Temperatura de fermentación a los seis días según el tiempo de reposo.....	39
11. Porcentaje de humedad después del secado según tiempo de reposo.....	41

12. Porcentaje de fermentación después del secado según tiempo de reposo.....	43
13. Valores del pH después del secado según tiempo de reposo.....	45
14. Valor de acidez después del secado según tiempo de reposo de las mazorcas.....	46
15. SST al sexto día de fermentación según frecuencia de remoción	48
16. Comparación del pH a los seis días de fermentación según frecuencia de remoción.....	49
17. Acidez a los seis días de fermentación según frecuencia de remoción.....	51
18. Temperatura a los seis días de fermentación según frecuencia de remoción.....	53
19. Porcentaje de humedad después del secado según frecuencia de remoción.....	55
20. Porcentaje de fermentación después del secado según tipo de remoción.....	57
21. Valor del pH después del secado según frecuencia de remoción	58
22. Valor de la acidez después del secado según la frecuencia de remoción.....	60
23. Porcentaje de humedad después del secado según tipo de secado.....	61
24. Porcentaje de fermentación después del secado según tipo de secado.....	63
25. Valor del pH al final del secado según tipo de	

secado.....	64
26. Valores de la acidez al final del secado según tipo de secado.....	65
27. Resultados de la evaluación sensorial de los granos de cacao.....	67
28. Comparación de medias del puntaje total de la evaluación sensorial por Tuckey.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Diagrama para la evaluación del tiempo de reposo de las mazorcas, frecuencia de remoción del grano fermentado y el método de secado más adecuado.....	27
2. Evolución de los SST durante la fermentación según tiempo de reposo.....	34
3. Evolución del pH durante la fermentación según tiempo de reposo.....	36
4. Evolución de la acidez durante la fermentación para los diferentes tiempos de reposo.....	37
5. Evolución de la temperatura durante la fermentación según el tiempo de reposo.....	40
6. Porcentaje de humedad al final del secado, según el tiempo de reposo de la mazorca.....	42
7. Porcentaje de fermentación al final del secado, según el tiempo de reposo de las mazorcas.....	43
8. Valores de pH al final del secado, según el tiempo de reposo de las mazorcas.....	45
9. Variación de la acidez al final del secado según el tiempo de reposo.....	47

10. Evolución de los SST durante la fermentación a diferentes tiempos de remoción.....	48
11. Evolución del pH durante la fermentación según el tipo de remoción.....	50
12. Evolución de la acidez durante la fermentación para las diferentes frecuencias de remoción.....	52
13. Evolución de la temperatura durante la fermentación según el tipo de remoción.....	53
14. Evolución del porcentaje de humedad durante el secado según frecuencia de remoción.....	56
15. Porcentaje de fermentación al final del secado, según el tipo de remoción.....	57
16. Variación del pH al final del secado, según el tipo de secado.....	59
17. Variación de la acidez al final del secado, según el tipo de remoción.....	60
18. Porcentaje de humedad al final del secado, según el tipo de secado.....	62
19. Porcentaje de fermentación al final del secado, según el tipo de secado.....	63
20. Variación del pH al final del secado, según el tipo de secado.....	64
21. Variación de la acidez al final del secado, según el tipo de secado.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
A-I. Cuantificación de los SST según el tiempo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación...	81
A-II. Análisis de varianza para °Brix durante los seis días de fermentación de acuerdo a los factores: tiempo de reposo, frecuencia de remoción y días de fermentación.....	82
A-III. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (0 días).....	83
A-IV. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (1 días).....	83
A-V. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (2 días).....	84
A-VI. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (3 días).....	84
A-VII. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de	



reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (4 días).....	85
A-VIII. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (5 días).....	85
A-IX. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (6 días).....	86
A-X. Comportamiento del pH según el tiempo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.....	87
A-XI. Análisis de varianza para el pH durante los 6 días de fermentación de acuerdo a los factores: tiempo de reposo, frecuencia de remoción y días de fermentación.....	88
A-XII. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (0 días).....	88
A-XIII. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (1 días).....	89
A-XIV. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (2 días).....	89
A-XV. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores:	

tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (3 días).....	90
A-XVI. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (4 días).....	90
A-XVII. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (5 días).....	91
A-XVIII. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (6 días).....	91
A-XIX. Comportamiento de la acidez según el tiempo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.....	92
A-XX. Análisis de varianza para la acidez durante los 6 días de fermentación de acuerdo a los factores: tiempo de reposo, frecuencia de remoción y días de fermentación.....	93
A-XXI. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (0 días).....	94
A-XXII. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (1 días).....	94
A-XXIII. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo	

de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (2 días).....	95
A-XXIV. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (3 días).....	95
A-XXV. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (4 días).....	96
A-XXVI. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (5 días).....	96
A-XXVII. Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (6 días).....	97
A-XXVIII. Comportamiento de la temperatura (°C) según el tipo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.....	98
A-XXIX. Análisis de varianza de la temperatura durante los 6 días de fermentación para a los factores: reposo, remoción y días de fermentación.....	99
A-XXX. Análisis de porcentaje de humedad después del proceso de secado gradual e inmediato.....	99
A-XXXI. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores:	

remoción y tipo de secado.....	100
A-XXXII. Análisis de porcentaje de fermentación después del proceso de secado gradual e inmediato.....	100
A-XXXIII. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.....	101
A-XXXIV. Análisis de pH después del proceso de secado gradual e inmediato.....	101
A-XXXV. Análisis de varianza para el pH durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.....	102
A-XXXVI. Análisis de Acidez de manteca (Expresado en ácido oleico) después del proceso de secado gradual e inmediato.....	102
A-XXXVII. Análisis de varianza para el pH durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.....	103
A-XXXVIII. Resultado de la evaluación fisicoquímica de los granos de cacao fermentado y seco según tratamiento.....	104
A-XXXIX. Análisis de varianza efectuado a la evaluación sensorial de los granos de cacao fermentados y secos.....	105

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en determinar los parámetros de pos cosecha para mejorar de la calidad del grano de cacao (*Teobroma cacao* L.) cultivar CCN 51 orgánico. Los granos de cacao fueron fermentados luego de tiempos de reposo de 0, 24, 48 y 72 horas después de cosechados. En la fermentación se efectuaron remociones de los granos: F1: frecuencia de remoción cada 48 horas, F2: frecuencia de remoción 48 h seguido de remoción cada 24 horas y F3: remoción cada 24 horas. En el secado se consideró, secado directo al sol y secado gradual hasta una humedad final de 7,5%. Los granos obtenidos con 48 horas de reposo, frecuencia de remoción (48 h y cada 24 horas) y secado gradual cumplen las normas de INDECOPI. El mejor porcentaje de fermentación (90,17%) se obtuvo con 72 horas. El tiempo de reposo tiene influencia en la evaluación sensorial teniéndose el mejor tratamiento A3 (48 horas de reposo de la mazorca)

Se alcanzó mayores temperaturas durante la fermentación para F3 (46,33 °C).

Los parámetros para mejorar la calidad del cacao CCN51 son: 48 horas de reposo, frecuencia de remoción: 48 horas y cada 24 horas y secado gradual.

### **Palabras claves:**

Grano de cacao CCN-51, tiempo de reposo, fermentación

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola en la región selva es muy variada, dentro de la cual el cultivo de cacao es una de las más promisorias y representativas por contener su grano alto porcentaje de carbohidratos, grasa, proteínas y minerales. Dado la importancia del cultivo de cacao para el desarrollo económico de la Amazonia Peruana, se ha instalado programas de extensión agrícola y beneficio del cacao para garantizar un producto de calidad.

El desconocimiento de las técnicas de cosecha y poscosecha de los granos de cacao, repercute en la calidad y en los precios. Estos hechos, conducen a buscar el mejoramiento de la calidad para que el producto sea competitivo en el mercado nacional e internacional a través de buenas prácticas de Beneficio de Cacao y Control de Calidad, en este contexto, sólo la suma de esfuerzos compartidos, logrará seguir posicionando el Cacao Peruano a niveles internacionales así como también incentivar el consumo de cacao de calidad dentro del mercado interno, para ello es importante desarrollar capacidades que permitan darle sostenibilidad a largo plazo a dichos objetivos.

El beneficio o pos cosecha del cacao orgánico constituye una labor importante para mejorar las características organolépticas (color, aroma y sabor) del cacao; a su vez esta actividad permite hoy en día el cuidado de la salud de los consumidores y la protección del medio ambiente.

Por lo antes mencionado se planteó el mejoramiento de la calidad de los granos del cacao CCN51 Orgánico, a través de los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el tiempo de reposo de las mazorcas y la frecuencia de remoción más adecuada durante la fermentación de los granos de cacao CCN 51.
- Determinar el método de secado más adecuado para los granos de cacao CCN 51.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Origen del Clon CCN-51**

El clon CCN-51 fue seleccionado y estudiado por Homero Castro, hace más de 30 años. Este incansable científico investigaba la población de cacao en nuestro alto Amazonas, coleccionando material genético para usarlos en programas de cruzamiento con variedades Trinitarias y otros cultivares, buscando un clon de alta calidad y gran productividad resistente a las enfermedades del cacao: "Escoba de Bruja", "Monilia" y Ceratocystis. Después de muchos ensayos, el agrónomo Homero Castro obtuvo este Clon, que cumple ampliamente con los objetivos propuestos (CRESPO, 1997).

### **2.2. Características botánicas de la mazorca del CCN 51**

HARDY (1970) indica que el tamaño y forma varía, mayormente son alargados, grandes y rugosos, algunas mazorcas tienen hasta 32 cm de largo, mientras que otros sólo llegan hasta 26 cm. Tiene 5 surcos longitudinales, en la mayoría presenta profundidad de surcos; el grosor de la cáscara es intermedia. La mazorca es de color rojo cuando maduro.

El tamaño de la semilla es mediano y el contenido de semilla por mazorca es de 35 a 55 y son planas o redondeadas, son resistentes a plagas y



enfermedades. Los cotiledones tienden a tener un color morado, es de sabor ácido a dulce y poco aromática.

### **2.3. Características físicas del CCN51**

CRESPO (1997) indica que el CC51 es un clon autocompatible, no necesita polinización cruzada para su fructificación como la mayoría de los clones. Se caracteriza por ser un cultivar precoz pues inicia su producción a los 24 meses de edad.

Su índice de mazorca (IM) es de 8 mazorcas/libra de cacao seco, teniendo como índice de semilla promedio de 1,45 g /semilla seca. El cultivar CCN51, tiene grandes atributos como un alto porcentaje de manteca (54%), y características organolépticas de sabor y aroma a floral.

### **2.4. Tipos genéticos**

El cacao clon CCN51 es de origen ecuatoriano, pertenece al grupo genético procedente de los cruzamientos entre Forastero del Alto Amazonas IMC-67 (Perú) con el Trinitario ICS-95 (Trinidad y Tobago) y con Forastero desconocido. Por otro lado, considerando las características cualitativas y cuantitativas se han definido tres tipos genéticos de cacao, los criollos, forasteros y trinitarios (GARCÍA, 2010).

#### **2.4.1. Criollos**

Estas plantas se caracterizan por ser de tamaño pequeño a mediano, de copa cerrada, hojas pequeñas y gruesas. Tienen frutos ovalados con 10 surcos primarios claramente separados, con pericarpio rugoso, delgado

o grueso. Tienen los cotiledones de color blancos o ligeramente pigmentados y son muy sensibles a las enfermedades

#### **2.4.2. Forasteros**

También llamados amazónicos, los árboles son vigorosos con hojas pequeñas y grandes. Los frutos son amelonados de superficie lisa o con surcos apenas separados de color verde blanquecino, el cotiledón es morado y es más tolerante a las enfermedades.

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

#### **2.5. Características morfológicas de la mazorca**

Según GARCÍA (2010) las características morfológicas del clon CCN51 son:

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

También indica que el cacao clon CCN51 tiene de 35 a 55 semillas por fruto y el color del cotiledón morado.

## 2.6. Composición fisicoquímica

La ASOCIACIÓN NATURANLAND (2000) indica que las semillas frescas del cacao se encuentran en una pulpa blanca de sabor dulce aromático que representa 15 a 20% del peso fresco. La pulpa consiste en un 80% de agua, 10 a 15% de glucosa y fructosa así como de 0,5% de ácidos no volátiles principalmente ácido cítrico, y de pectina; tiene un pH de 3,5. Las semillas tienen un fuerte sabor amargo que se debe a la antocianina, una sustancia de color violeta oscuro.

En el Cuadro 1 se presenta la composición fisicoquímica del cotiledón de tres variedades de cacao.

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

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

Fuente: GRAZIANI *et al.* (2003).

En el Cuadro 2 se presenta la composición fisicoquímica del grano y licor de cacao.

**Cuadro 2.** Composición fisicoquímica del grano y licor de cacao.

<b>Variables</b>	<b>Grano</b>	<b>Licor</b>
pH	5,91	5,39
Grasa (%)	48,58	54,24
Cenizas totales (%)	3,27	3,37
Sólidos totales (%)	42,92	46,14
Fibra cruda (%)	4,3	3,67
Proteína (%)	12,25	13,07
Humedad (%)	8,5	1,67
Theobromina	0,8 - 1,4	0,71 - 1,5

Fuente: ADRIAZOLA (2003).

## **2.7. Cosecha del cacao**

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

Para conseguir una buena calidad de grano los frutos deben alcanzar su madurez total; los frutos pintones tienen el mucílago demasiado ácido para lograr una óptima fermentación, además los granos pesan menos. Los frutos sobre maduros tienen el mucílago seco e insípido y el embrión ya inició el proceso de germinación en el interior del fruto (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

Se debe evitar cosechar frutos verdes, ya que al fermentarse estos granos tomarán color violeta, perderán peso y el producto final tendrá elevada astringencia y acidez; por otro lado, al realizar la cosecha no se deberá mezclar las mazorcas provenientes de otros clones, debido a que los contenidos de mucílago y calidad del grano son distintos, influyendo en el proceso del beneficio (INDECOPI, 2008).

## **2.8. Beneficio de cacao**

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

Según FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS (2004), las características organolépticas pueden ser mejoradas a través de un correcto proceso de beneficio, pues éste contribuye a generar los procesos fisicoquímicos encargados de originar los compuestos precursores del aroma y el sabor del chocolate, atributos sobresalientes en relación con la calidad de la materia prima. Las etapas del beneficio están bien definidas y comprenden la quiebra o apertura del fruto, fermentación, secado y almacenamiento.

### **2.8.1. Quiebra**

ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) indica que la quiebra consiste en partir los frutos y extraer los granos, evitando dañar las almendras. Por su parte INDECOPI (2008), indica que la placenta, tripa o maguey debe quedar

adherida a la mazorca; además, se debe quebrar las mazorcas cosechadas tan pronto como sea posible, usando las herramientas apropiadas para evitar cortes en los granos y debe realizarse antes de 5 días después de la cosecha y cuanto más pronto se haga la separación de granos es más fácil. Después de extraídas los granos se debe verificar que estén libres de placentas o granos de frutos enfermos, cáscaras u otra materia extraña.

### **2.8.2. Fermentación**

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

Según PORTILLO *et al.*, (2006), la fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao. La duración de la fermentación se relaciona con la cantidad de pigmentos de color púrpura presentes en los granos frescos y que cuanto más intenso es dicho color más larga debe ser la fermentación.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (2004) y ASOCIACIÓN NATURLAND (2004); afirman que esta etapa tiene por objeto facilitar la eliminación del mucílago, así como desarrollar el sabor característico a chocolate. La duración de la fermentación depende de la variedad. Para RAMOS (2006), los cacaos forasteros y trinitarios deben fermentarse de 6 a 7 días. Sin embargo ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), refiere que el cacao criollo sólo necesita de 1 a 3 días para su fermentación porque no tiene antocianinas que da el sabor amargo.

INDECOPI (2008), indica que es un proceso bioquímico interno y externo de la semilla, en la que ocurren cambios en su estructura, como cambios en la pigmentación interna, La transformación del sabor astringente de los cotiledones, el desarrollo del sabor y aroma del chocolate, entre otros. Este proceso facilita el secado, el desprendimiento de la cáscara y permite la conservación o almacenamiento prolongado.

Según AMORES *et al.*, (2006) la fermentación insuficiente y en el peor de los casos la ausencia de fermentación influyen negativamente sobre la calidad sensorial del cacao. Además, mantener demasiado tiempo la fermentación no es conveniente por el exceso de ácido acético que confiere un sabor agrio al chocolate. Porque durante la fermentación, se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones y reduce el pH de 6,4 a 4,5. A temperaturas mayores de 45°C, esta acidificación desintegra los compartimientos de la célula y su eventual muerte.

El proceso de fermentación incluye reacciones enzimáticas que contribuyen a la formación de aminoácidos libres y de péptidos, formación de azúcares reductores, hidrólisis de las antocianinas y la oxidación enzimática de los polifenoles, los cuales son necesarios para producir el sabor y aroma característicos del cacao durante el tostado; tanto en la fermentación como en el secado, la enzima oxidasa polifenólica promueve la oxidación Browniana, responsable del color marrón característico del chocolate. El flavor final es, por lo tanto, influido directamente por el proceso de acidificación (PORTILLO *et al.*, 2006).

En el Cuadro 3 se indican algunos aspectos de los granos de cacao en el proceso de fermentación.

**Cuadro 3.** Algunos aspectos de los granos de cacao en el proceso de fermentación.

<b>Tiempo de fermentado</b>		
<b>1<sup>er</sup> Día</b>	<b>3<sup>er</sup> – 4<sup>to</sup> Día</b>	<b>5<sup>to</sup> – 7<sup>mo</sup> Día</b>
- Pulpa muy ácida (pH 3,5)	- Masa fermentante está ácida (pH 4,5).	- Masa fermentante está acidulada (pH 5,5).
- Masa fermentante de color blanco.	- Masa fermentante de color café claro.	- Masa fermentante de color café.
- pH 6,5 del interior de la semilla.	- pH 4,5 del interior de la semilla.	- pH 5,5 del interior de la semilla.
- Interior de la semilla color violeta.	- Interior de la semilla color violeta, sus bordes color café.	- Interior de la semilla color café.
- No hay desarrollo de calor.	- Aumento de temperatura de la masa fermentante a 40 – 50 °C.	- Temperatura de la masa fermentada se reduce a 40 °C.
- Olor agridulce, aromático.	- Fuerte olor a ácido acético.	- El olor a ácido acético es menos fuerte.

Fuente: ASOCIACIÓN NATURLAND (2000).

La fermentación está afectada por el origen genético del cacao, intervalos entre cosechas, cantidad de cacao a fermentar, cantidad de pulpa en la semilla, el método de fermentación y las condiciones del medio donde se realiza el proceso (PORTILLO *et al.*, 2006).



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

Durante el proceso de fermentación la temperatura de la masa puede llegar hasta 50°C. La fermentación es la etapa clave de la formación del aroma. Este proceso lleva no solamente a una modificación del contenido de compuestos implicados en el desarrollo del aroma de origen térmico, sino también a la formación de una fracción aromática cualitativa y cuantitativamente muy importante (CROSS, 1997).

En el Cuadro 4 se presentan las diferencias entre granos fermentados y no fermentados.

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

<b>Grano fermentado y seco</b>	<b>Grano mal fermentado</b>
- Los granos son hinchados.	- Grano con aspecto plano.
- La apariencia externa del grano es café o canela.	- Los granos muestran un color amarillento
- La cáscara se separa fácilmente	- La cáscara es difícil de separar
- Presenta grietas y estrías internas	- Es compacta y lisa internamente
- Al apretar entre los dedos se quiebra fácilmente.	- Al apretar son difíciles de quebrarse.
- Internamente el cotiledón es de color marrón chocolate.	- Es de color blanco a violáceo.
- Sabor ligeramente amargo.	- Sabor astringente.
- Aroma agradable.	- Aroma desagradable.

Fuente: Cross (1997).

Las sustancias precursoras del aroma a chocolate se forman desde el momento que mueren los cotiledones, al tiempo que se produce la rápida destrucción de las antocianinas. Sólo ellas son capaces de dar al cacao durante su torrefacción el sabor y aroma característico al chocolate (PORTILLO *et al.*, 2006).

El proceso de fermentación llega a su fin cuando la temperatura de la masa fermentada baja. Para determinar el momento exacto de la interrupción de la fermentación, junto con la baja de temperatura a 40° C, se realiza una prueba de corte. Cuando se observe un 75% de granos bien fermentados, se interrumpirá la fermentación para evitar que se inicie la putrefacción (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000).

### **2.8.2.1. Fermentación anaeróbica**

#### **- Fermentación alcohólica**

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

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

#### - **Fermentación láctica**

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

#### - **Fermentación butírica**

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

#### **2.8.2.2. Fermentación aeróbica**

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

#### - **Fermentación acética**

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

### 2.8.3. Secado

Según PAREDES (2000) y GAITAN (2005), al final de la fermentación el contenido de humedad de los granos es alrededor de 55% y para poder ser almacenado con seguridad debe reducirse a límites de 7 - 8%. INDECOPI (2008) indica que la humedad de los granos de cacao debe reducirse como mínimo a 7,5%. Por su parte NATIVIDAD *et al.*, (2007), mencionan que cuando la humedad es menor a 6% los granos son quebradizos, cuando está por encima de 7% de humedad los granos son susceptibles al ataque de hongos.

Durante el secado, las reacciones internas que inciden sobre los polifenoles contenidos en los cotiledones, que se inicia con la fermentación prosiguen durante los primeros días de esta etapa (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004).

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

ADRIAZOLA (2003) indica que el proceso de oxidación ocurre durante el secado, el oxígeno ingresa a los cotiledones terminando de conferir un color marrón característico. Además ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), menciona que durante esta etapa se volatiliza el exceso de ácido acético. Por su parte GAITAN (2005) indica que el secado de los granos de cacao debe ser gradual, para evitar la acidez de las almendras. Primer día 2 horas, segundo

día de 2 a 3 horas, tercer día de 3 a 4 horas, cuarto día de 4 a 5 días y el quinto día exposición total. Se recomienda remover las almendras cada hora utilizando implementos de madera.

El secado puede ser solar o artificial, pero es aconsejable el secado al sol, ya sea en eras de cemento, sobre mantas de polipropileno o sobre parihuelas de madera levantados a 40 cm del suelo para evitar la evaporación de la humedad del suelo y la contaminación de los granos (AREVALO *et al.*, 2004).

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

#### **2.8.4. Almacenamiento**

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

En el Cuadro 5 se presenta el equilibrio de humedad de granos de cacao en función a la humedad ambiental.

**Cuadro 5.** Equilibrio del porcentaje de humedad de granos de cacao en función a la humedad ambiental.

<b>Humedad ambiental relativa</b>	<b>Contenido de humedad</b>
<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
75	7,3
80	7,7
85	8,7
90	11,6
95	15,5

Fuente: WOOD (1982).

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

La calidad de granos de cacao, está en función al proceso de cada una de las etapas del beneficio, si estas son buenas se obtendrá un cacao rico en materias grasas y libre de granos defectuosos, en consecuencia un cacao de calidad con excelente sabor y aroma a chocolate enmarcado dentro de los requisitos exigidos por los mercados (AREVALO *et al.*, 2004).

El tipo de cacao, el método de fermentación utilizado, conjuntamente con el tiempo de fermentación, la frecuencia de remoción,

secado y las condiciones atmosféricas de la zona determinan la calidad del cacao (PORTILLO *et al.*, 2006). Por otro lado, La calidad desde el punto de vista del cultivo de cacao significa no sólo la apariencia exterior del grano seco comercial, sino por el sabor intrínseco, lo que le determina la constitución genética de la planta y el manejo pos cosecha (ENRÍQUEZ, 2003).

## **2.9. Control de la calidad**

### **2.9.1. Calidad física de cacao en grano**

Según PÉREZ (2006), la calidad física del grano lo determina:

- El tamaño y peso de la almendra
- Porcentaje de fermentación
- Contenido de testa o cascarilla
- Contenido de humedad y defectos

En cuanto al tamaño y peso, la industria chocolatera y confitería en general, prefiere almendras de más de un gramo de peso y grandes. El contenido de humedad no debe ser superior al 8%, debido que la humedad favorece el desarrollo de mohos que afectan la calidad de grano. El porcentaje de fermentación, debe estar dentro de los estándares de calidad de grano superior I, con la finalidad de garantizar los atributos de los chocolates finos.

### **2.9.2. Factores condicionantes de la calidad**

#### **2.9.2.1. Aroma**

Entre estos se pueden mencionar a la variedad del cacao que es difícil influenciarla sobre el aroma final, porque no se tratan nunca los cacaos

en condiciones idénticas de fermentación, secado y tostado (CROS, 1997). Otro factor es el tratamiento post cosecha, se identificó la fracción volátil del grano fresco, cuyo mayor constituyente es el estireno, seguido por el dimetilformamida y por una baja cantidad de alcoholes, aldehídos y cetonas. La fermentación y el secado son precursores de compuestos no volátiles como azúcares reductores, ácidos aminos libres, compuestos fenólicos y purinas; como también de compuestos volátiles, los que incluyen alcoholes y esterés en mayor cantidad (CROS, 1997).

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

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

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



### **2.9.2.2. Tostado**

El desarrollo del aroma del cacao de origen térmico es un fenómeno complejo que depende de los parámetros de tostadura, pero también de la composición química del grano (CROS, 1997).

NAZARUDDIN *et al.*, (2005); indican que la mejor temperatura en la torrefacción de los granos de cacao es de 150°C durante 30 minutos, la cual dio características en tasa como astringencia mínima, al mismo tiempo amargor mínimo y bajos sabores ácidos y quemados en comparación con otros tratamientos.

### **2.9.2.3. Genotipo**

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

## **2.9.3. Calidad química**

Según PÉREZ (2006), se refiere a los contenidos, de materia grasa, proteína, polifenoles, índice de saponificación, características de ácidos grasos y otros, que se encuentran dentro de la almendra y que varían de un tipo genético de cacao a otro.

## **2.9.4. Calidad organoléptica**

Según PÉREZ (2006), este tipo de calidad está determinada por la herencia genética de los cultivares o tipos de cacao y para determinarla intervienen los sentidos del olfato y del gusto.

En el Cuadro 6 se indica el efecto de la fermentación y el secado en el sabor del cacao.

**Cuadro 6.** Efecto de la fermentación y el secado en el sabor de cacao.

<b>Sabor</b>	<b>Efecto</b>	<b>Componentes involucrados</b>
Amargor	Disminución	Metilxanthinas (teobromina)
Astringencia	Disminución considerable	Componentes fenólicos
Acidez	Aumento	Ácidos volátiles
Aroma	Aumento considerable	Precusores (azúcares, aminas, péptidos) y compuestos fenólicos.

Fuente: Amores *et al.*, 2006.

## **2.10. Tipos de cacao en el mercado**

Según PÉREZ (2006), en el mercado mundial se suelen clasificar las almendras o granos de cacao en dos categorías.

### **2.10.1. Cacao corriente**

El cacao corriente o de bulto, solo brinda un sabor y aroma básicos de cacao, más del 90% del cacao en el mundo es de este tipo y se produce de los arboles forasteros amazónicos. Se destina a la producción de manteca de cacao, cocoa y aromatizantes, empleados en recetas domesticas de varios alimentos y bebidas instantáneas. Son denominados “*basicbeans*” en los estados unidos y granos ordinarios o “*bulkbeans*” en Europa.

### **2.10.2. Cacao fino o de aroma**

Son llamados “finos” en Europa y “*flavorbeans*” en los Estados Unidos. Usados en la elaboración de chocolates bitters, porque tienen características de sabor y aromas especiales que depende de la herencia genética de los cultivares o tipos de cacao, su linaje genético se remonta a las variedades criollo e híbridos como de algunos trinitarios.

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

JIMÉNEZ (2006) indica que es una técnica reproducible para identificar, cuantificar y describir las características del grano de cacao para determinar sus atributos de la calidad sensorial como: sabor a cacao, acidez, astringencia, amargor, floral, frutal, nuez, tierra, moho y otros. Es una disciplina de los panelistas para medir, analizar e interpretar las reacciones de las características de los alimentos percibidos por los órganos de los sentidos.

### **2.11.1. Sabor a cacao**

ROHAN y CONNEL (1964) mencionan que durante la fermentación y secado se forman los compuestos precursores de sabor y aroma que durante el tostado reaccionan y dan origen característico al chocolate con sabor a cacao.

### **2.11.2. Acidez**

PORTILLO *et al.*, (2006) indican que la acidez se incrementa durante el fermentado, ya que se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones, produciéndose una serie de reacciones que generan el sabor y aroma característico del cacao.

### **2.11.3. Astringencia**

LUNA *et al.*, (2002) manifiestan que la alta astringencia, está determinado por los compuestos polifenólicos, existiendo una correlación negativa con la astringencia, es decir que a medida que transcurre el tiempo de fermentación, disminuye la astringencia de los granos. La alta astringencia indica que los granos no han alcanzado el óptimo en el índice de fermentación.

También NOGALES *et al.*, (2006), mencionan que la astringencia disminuye conforme se incrementa el tiempo de fermentación.

#### **2.11.4. Amargor**

Según ADRIAZOLA (2003), los granos de cacao secos presentan su característica típica de amargor, lo que indica que está determinado por la presencia de cafeína y teobromina.

#### **2.11.5 El sabor frutal**

CROSS y JEANJEAN (1995) mencionan que el sabor a frutal predominante es debido a los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos que representan un sabor básico, los ésteres que originan un sabor a fruta manifiestan que los sabores frutales se concentran en zonas comprendidas entre 200 a 400 msnm.

#### **2.11.6 El sabor floral**

Según SALVADOR (2008), el cacao producido en una altitud media concentra sabores frutales, existe mayor sabor a floral, debido al sabor propio del cacao agridulce, generado por su propia característica y por el entorno del ambiente que está en contacto con plantaciones de frutas cítricas.

#### **2.11.7 El sabor nuez**

Para CROSS y JEANJEAN (1995), el sabor predominante a nuez se ha encontrado principalmente el complejo polipeptidos – fenoles y pirazina, indican que los sabores a nuez se concentran en la zona alta de 400 a 800 msnm, lo cual coincide con la altitud de Tingo María (aproximadamente 660 msnm).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Control de Calidad y de Suelos y Agua de la Estación Experimental del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), ubicada en el distrito de Banda de Shilcayo, región San Martín, a una altitud de 360 m.s.n.m. a 06° 30' 07" de latitud Sur, a 76° 20' 09" de latitud Oeste, con clima tropical húmedo y humedad relativa media de 60% y temperatura media anual de 30°C.

#### **3.2. Materia prima**

Mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivar CCN51, orgánico, cosechadas de la parcela del beneficiario del ICT, Sr. Alberto Inau Amasifuen, la misma que está ubicada en el distrito de San Hilarión a 60 km de la ciudad de Tarapoto, cuenta con certificación orgánica de la certificadora Biolatina.

#### **3.3. Materiales, equipos y reactivos**

##### **3.3.1. Materiales**

- **Materiales de campo:** Tijera cosechadora, podón (pico de loro), machete sin filo, baldes de plástico, bolsas plásticas, cajón fermentador de

madera (0,60 x 0,50 x 0,5 m.), costal de yute, hojas de plátano, paletas de madera, rastrillo de madera, cuchilla, plumón, lápices, cinta maskin tape.

- **Materiales de laboratorio:** Termómetros de mercurio (0 – 100°C), vasos de precipitación, matraz Erlenmeyer, agitador de vidrio, envases de vidrio, placas petri, probetas, buretas, pipetas, embudos, papel filtro N° 40, bureta, papel toalla y guillotina marca Trenex.

### 3.3.2. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica de 210 g máx y 0,0001 g min, modelo Timberline Tp-214, marca Denver Instrument.

- Balanza técnica de 4100 g máx y 0,05 g mín de modelo Explorer EODI 20, marca Ohaus.

- Potenciómetro con rango de pH de 0 - 14, modelo Orion 4 StarmarcaThermo – Electron Corporación.

- Estufa de temperatura máx 220°C marca Memmert.

- Digestor marca Labconco.

- Destilador Modelo Rapidstill II, marca Labconco.

- Mufla modelo Furnace, marca BarnsteadThermolyne.

- Extractor Soxhlet modelo Fortuna, marca Witeg.

### 3.3.3. Reactivos

Hidróxido de sodio 0,1N, fenolftaleína 0,1%, catalizador de selenio, ácido bórico 2%, ácido sulfúrico 0,05 N, hexano, éter dialítico, alcohol etílico de 96°.

### **3.4. Métodos de análisis**

#### **3.4.1. Medida de la temperatura de la masa de cacao**

- Método indicado por PORTILLO *et al.*, (2005).

#### **3.4.2. Análisis fisicoquímico**

- Humedad, método 931.04 (AOAC, 1995).
- Ceniza, método 972.15 (AOAC, 1995).
- Grasa, método de Folch *et al.*; (1957).
- Proteína, método 970.22 (AOAC, 1995).
- Acidez, método 942.15 (AOAC, 1995).
- pH, método 970.21 (AOAC, 1995).
- Sólidos Solubles Totales (SST), método 945.80 AOAC (1997)

#### **3.4.3. Evaluación física de los granos fermentados y secos**

- Prueba de corte, 2<sup>da</sup> edición, NTP ISO 1114:2006.

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

- Evaluación sensorial según CORNELL y KANAP (1974).

### **3.5. Metodología experimental**

#### **3.5.1. Reposo de las mazorcas, frecuencia de remoción y secado de granos**

El tiempo de reposo de las mazorcas, la frecuencia de remoción de los granos fermentados y el método de secado de los granos se realizaron según el esquema experimental indicado en la Figura 1.

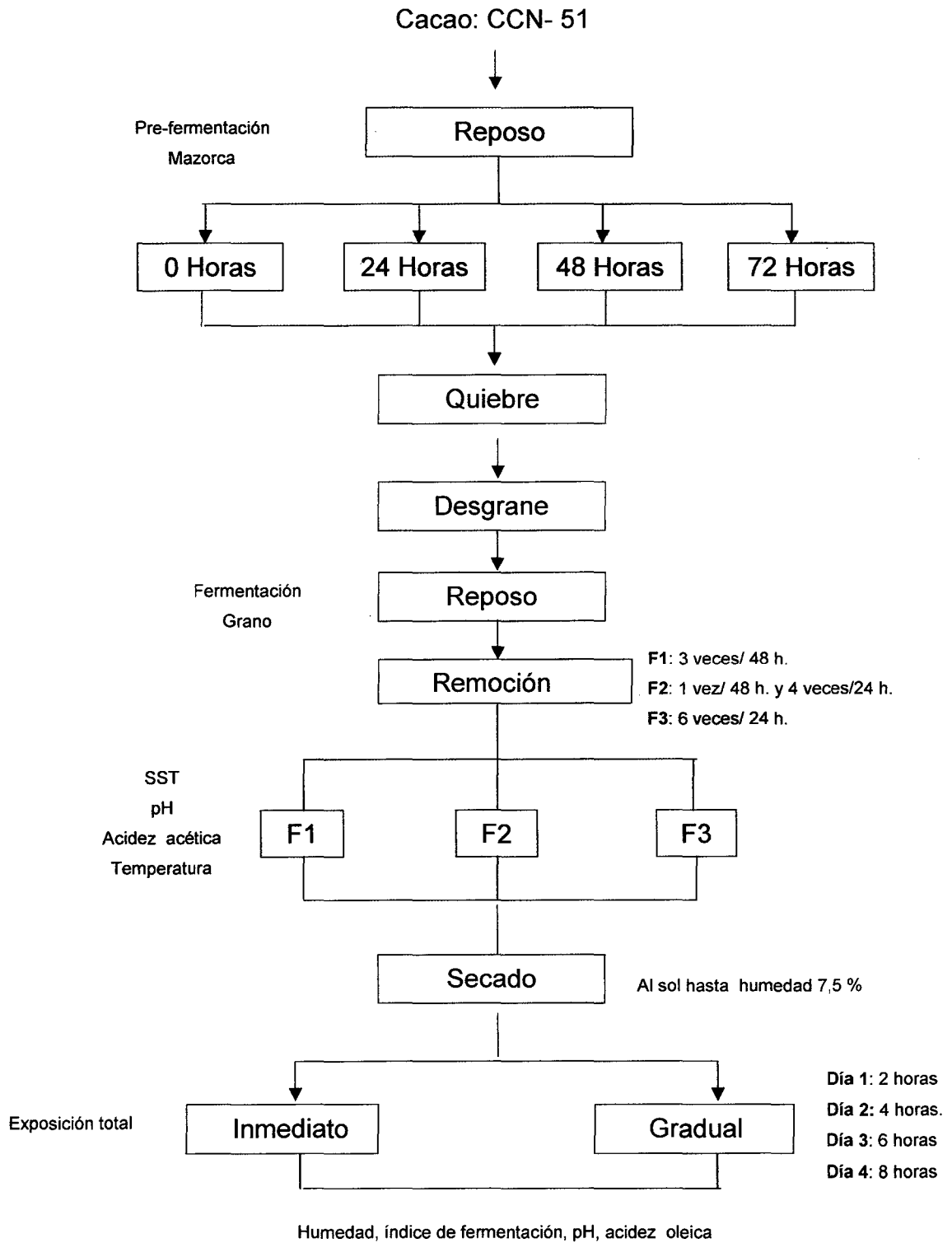


Figura 1. Diagrama para la evaluación del tiempo de reposo de las mazorcas, frecuencia de remoción del grano fermentado y el método de secado más adecuado.



Las operaciones realizadas se describen a continuación:

**- Cosecha**

La cosecha de las mazorcas de cacao se realizó utilizando una tijera cosechadora y podón (pico de loro), bien afilados y limpios; esto con la finalidad de evitar daños a los cojines florales. Para la cosecha se tuvo en cuenta la cosecha selectiva; es decir, se cosecharon mazorcas maduras y sanas.

**- Reposo:** Se separaron mazorcas para el reposo de acuerdo al tiempo establecido: 0 horas después de la cosecha, 24 horas después de la cosecha, 48 horas después de la cosecha y 72 horas después de la cosecha.

**- Quiebra de la mazorca**

Consistió en partir los frutos en forma diagonal utilizando un machete sin filo, para evitar lesionar las almendras.

**- Desgrane**

La extracción de los granos de cacao se realizó en forma manual, separando los granos de la placenta, los mismos que fueron recolectados en baldes de plástico de 20 kg de capacidad, luego fueron trasladados de la parcela a la Estación Experimental del ICT.

**- Fermentación**

Se llevó a cabo en tres cajones fermentadores, de dimensiones: 0,60 m x 0,50 m x 0,50 m, de 100 kg de capacidad de masa cacao en mucílago, con tapa de madera y con orificios en la base. Una vez colocada la masa de cacao, fue cubierta con hojas de plátano, saco de yute y luego se taparon.

### **- Remoción**

La remoción de la masa de cacao para cada cajón se realizó según las frecuencias de remoción.

F1: Se realizó cada 48 horas hasta el sexto día de fermentación.

F2: La primera remoción se hizo a las 48 horas y las siguientes fueron cada 24 horas por 4 días.

F3: Se realizó cada 24 horas durante 6 días de fermentación, operación realizada utilizando paletas de madera.

### **- Secado**

Para el secado se utilizaron seis baguetas de madera para cada tratamiento, cuya capacidad fue de 30 kg de masa de grano fermentado. Las baguetas fueron colocadas sobre la plataforma de un secador cuyo techo fue corredizo. Los granos fermentados fueron separados, 50 granos para secado inmediato y 50 granos para el secado gradual, para el secado de los granos se tuvo en cuenta el espesor de la capa, aproximadamente 1 pulgada, la remoción se hizo con un rastrillo de madera cada hora, con la finalidad de asegurar la homogeneidad del secado de los granos.

El secado inmediato consistió en exponer los granos en horas sol de 5 a 6 días, hasta obtener 7,5 % de humedad en los granos.

El secado gradual se realizó de la siguiente manera: el primer día, 2 horas de exposición al sol, segundo día, 4 horas, tercer día, 6 y cuarto día exposición total en horas de sol hasta obtener 7,5 % de humedad.

### **3.5.2. Evaluación fisicoquímica en el tiempo de reposo de las mazorcas y la frecuencia de remoción de los granos fermentados.**

– **Sólidos solubles totales (SST):** Se transfirió el extracto (pulpa) al lente del refractómetro y se midió los sólidos solubles totales expresados en °Brix a las 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas en el reposo de las mazorcas y la frecuencia de remoción en cajones.

– **pH:** El pH-metro previamente calibrado con solución buffer para titulación de los extractos del grano, por triplicado para cada tratamiento; las muestras fueron tomadas a 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas de fermentado y al final de la fase de secado.

– **Acidez acética:** Se trituraron los granos con la ayuda de un mortero y pilón, pesándose 5 g de muestra y se adicionó 45 ml de agua destilada, seguidamente se agita y se dejó reposar por 10 min. Luego se tomó 10 ml del extracto filtrado y se transfirió a un matraz adicionándose 3 gotas de fenolftaleína al 0,1%, se tituló con solución de Hidróxido de Sodio. Se expresó el porcentaje de acidez en términos de ácido acético durante la fase fermentativa y secado.

– **Temperatura:** A diferentes intervalos en el cajón fermentador (10 cm debajo del ras de masa, centro y a 10 cm del fondo del cajón) se procedió a realizar las lecturas del termómetro y fue al inicio y cada 24 horas hasta el final del proceso (6 días).

### 3.5.3. Evaluación fisicoquímica después del proceso de secado

– **Humedad:** Se tomó 5 g de muestra (durante la fermentación y secado), se trituró el grano de cacao y se transfirió a una placa petri llevándose a estufa 103 °C hasta peso constante, se enfrió en desecador por 30 minutos y se pesó.

– **Índice de fermentación:** Se tomó una muestra representativa granos de cacao seco (Humedad < 7,5 %), se realizó un corte longitudinal de 100 granos al azar utilizando la guillotina, el corte fue por la parte central, a fin de exponer la máxima superficie de corte de los cotiledones. Se examinó visualmente las dos mitades de cada grano a la luz diurna o bajo una iluminación artificial. Contar separadamente los granos Violetas y pizarrosos, según lo definido a continuación.

$$\%F = 100 - \text{Granos violetas} - \text{Granos Pizarrosos}$$

Grano violeta: Grano cuyo cotiledón presenta un color violeta intenso, debido al mal manejo durante la fase de beneficio del grano.

Grano pizarroso: Grano sin fermentar, al ser cortado longitudinalmente, presenta en su interior un color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto.

- **pH:** Se calibró previamente el pH-metro y se realizó las lecturas de las muestras a 0, 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas de fermentado y al final de la fase de secado.

– **Acidez oleica:** Se pesó 1 g de muestra (manteca de cacao), en un matraz, se añadió 5 ml de la solución de alcohol etílico y 5 ml de éter

dietílico, luego se adiciona de 2 a 3 gotas de fenolftaleína, para hacer la titulación hasta que vire a un color rosado que deberá de permanecer unos 30 segundos, El resultado se expresó en ácido oleico se aplica la siguiente formula.

$$\% \text{ Acidez Oleica} = N \cdot 01 \cdot 28,2 / M$$

N = Gasto mL

M = peso de la muestra, g.

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

Para la evaluación sensorial primero se obtuvo el licor de cacao, para lo cual se tomó 1 Kg de granos secos por tratamiento, la evaluación sensorial del licor se realizó con 3 panelistas capacitados, para ello el licor fue atemperado hasta consistencia fluida, con tres repeticiones por tratamiento. La puntuación sensorial fue de 0 – 10 con los calificativos siguientes: 0= ausente, 1-3= ligeramente presente, 3-5= moderadamente presente, 5-7= fuertemente presente, 7-8= Muy fuerte y 8-10= intenso.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Tiempo de reposo más adecuado de las mazorcas de cacao CCN- 51.

#### 4.1.1. Efecto del tiempo de reposo de las mazorcas en la fermentación

##### 4.1.1.1. En los Sólidos Solubles Totales (SST)

La cuantificación de los sólidos solubles totales (SST) durante la fermentación de los granos de cacao CCN-51, a diferentes tiempos de reposo se muestran en el Anexo A-I, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo del tiempo de reposo con un  $P \leq 0,05$  (A-II - IX). La prueba de comparación de medias de los valores de SST al sexto día de fermentación para diferentes tiempos de reposo se muestra en el Cuadro 7.

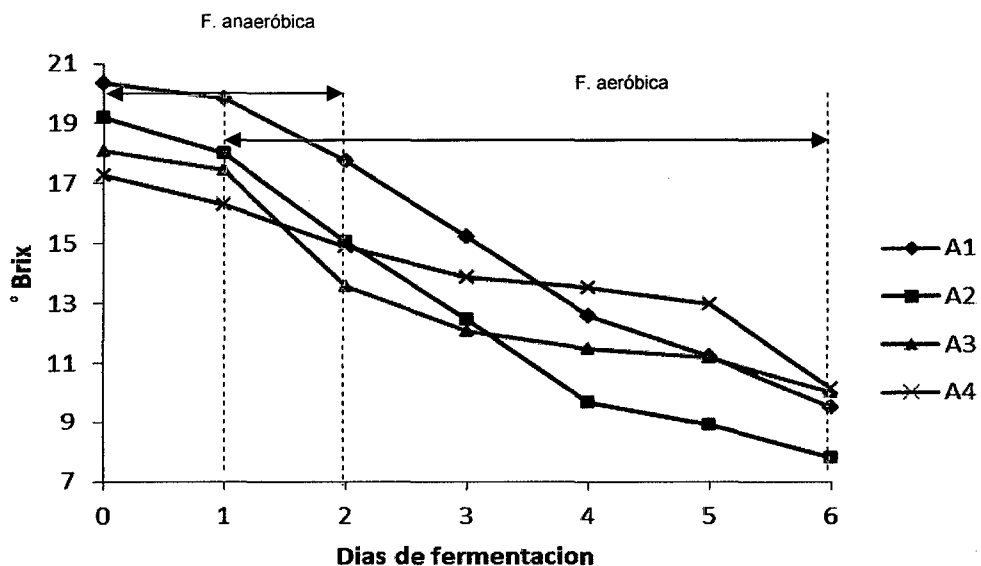
**Cuadro 7.** Cuantificación de los SST en el sexto día de fermentación según tiempo de reposo de las mazorcas.

Condiciones de reposo de la mazorca	°Brix <sup>1</sup>
Tiempo de reposo: 0 Horas	9,50 ± 0,50 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	7,78 ± 0,51 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	10,00 ± 0,71 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	10,13 ± 1,02 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ), Comparación de medias por Tukey.

Del Cuadro 7 se deduce que a tiempo de reposo de 24 horas se obtiene menor grados Brix al sexto día de fermentación, el cual es estadísticamente diferente a los demás, que son estadísticamente iguales.

En la Figura 2, se muestra el comportamiento de los SST para los tiempos de reposo,  $A_1$ : 0 horas,  $A_2$ : 24 horas,  $A_3$ : 48 horas y  $A_4$ : 72 horas.



**Figura 2.** Evolución de SST durante la fermentación según tiempo de reposo.

Durante el tiempo de reposo de las mazorcas se puede observar que los SST disminuyen (Figura 2, fermentación día 0), esto se debe a que se inició la fermentación durante el reposo de las mazorcas. Esto coincide con los resultados encontrados por PÉREZ (2001), quién indica que el reposo de la mazorca mostró una disminución en los °Brix de la pulpa cuando las mazorcas se abrieron cinco días después de la cosecha.

#### 4.1.1.2. En el pH

La variación del pH durante la fermentación para los diferentes tiempos de reposo se muestran en el Anexo A-X, el análisis estadístico indica

que existe un efecto altamente significativo con un  $p \leq 0,05$  (A: XI - XVIII), la prueba de comparación de medias de los valores del pH al sexto día de fermentación para los diferentes tiempos de reposo se muestra en el Cuadro 8, en la que se observa que para los diferentes tiempos de reposo de las mazorcas, existe diferencia estadística entre los valores del pH. Correspondiendo para el tiempo de reposo de 24 horas el mayor valor del pH (4,75) al sexto día de fermentación.

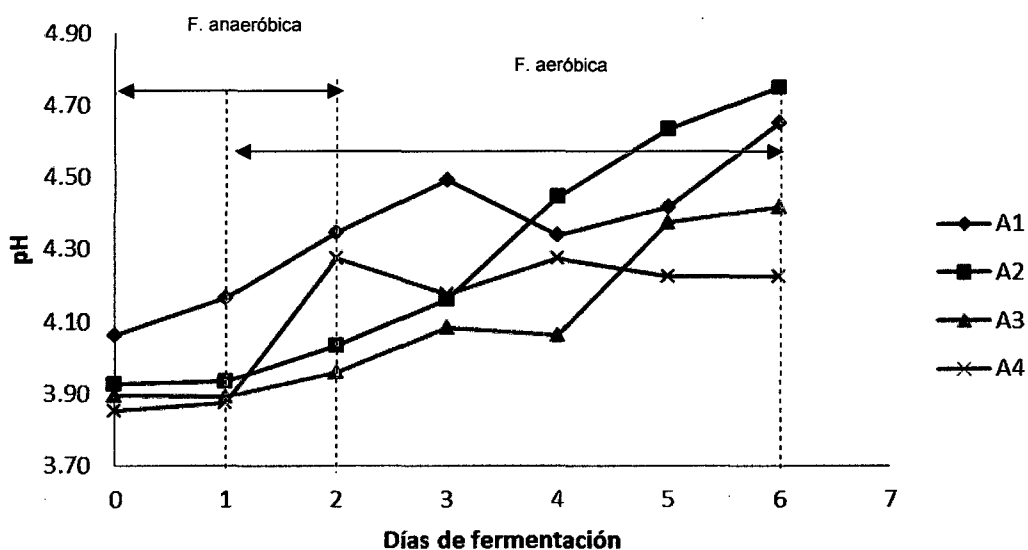
**Cuadro 8.** Comparación del pH a los seis días de fermentación

Condiciones de reposo de la mazorca	pH <sup>1</sup>
Tiempo de reposo: 0 Horas	4,65 ± 0,15 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	4,75 ± 0,07 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	4,42 ± 0,06 <sup>c</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	4,23±0,02 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ±SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).

En la Figura 3, se observa un incremento del pH para cada una de las muestras sometidas a diferentes tiempos de reposo; del mismo modo se puede observar que el pH se incrementa para los granos sometidos a diferentes frecuencias de remoción. Para ROELOFSEN (1958), la constante elevación del pH de la pulpa durante la fermentación se debe a la desasimilación del contenido de ácido cítrico por las levaduras y las bacterias lácticas y la sustitución por los ácidos lácticos y acéticos menos disociados.





**Figura 3.** Evolución del pH durante la fermentación según tiempo de reposo.

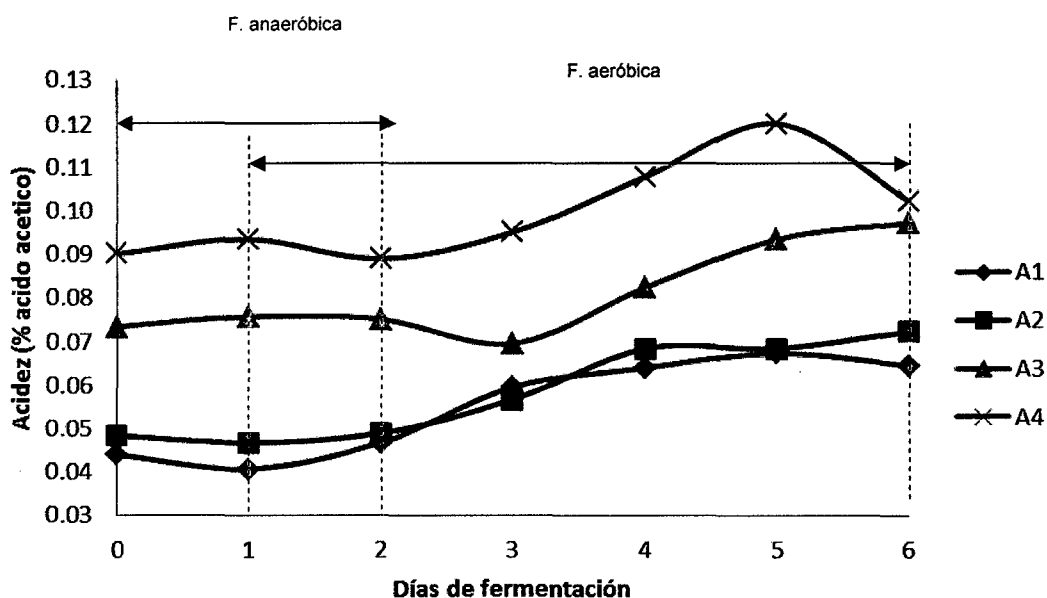
#### 4.1.1.3. En la acidez

La variación y el comportamiento de la acidez acética durante la fermentación para los diferentes tiempos de reposo se muestran en el Anexo A-XIX y la Figura 4, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo del tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A: XX - XXVII). La prueba de comparación de medias para la acidez al sexto día de fermentación para los diferentes tiempos de reposo se muestra en el Cuadro 9. Se puede observar que para los tiempos de reposo de las mazorcas de 0 horas y 24 horas no existe diferencia estadística en la acidez; del mismo modo para los tiempos de reposo de las mazorcas de 48 horas y 72 horas. Correspondiendo para el tiempo de reposo de 0 horas y 24 horas los menores valores de acidez (0,06 y 0,07) al sexto día de fermentación.

**Cuadro 9.** Comparación de la acidez a los seis días de fermentación según tiempo de reposo.

Condiciones de reposo de la mazorca	Acidez <sup>1</sup>
Tiempo de reposo: 0 Horas	0,06 ± 0,005 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	0,07 ± 0,005 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	0,10 ± 0,007 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	0,10 ± 0,010 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).



**Figura 4.** Evolución de la acidez durante la fermentación para los diferentes tiempos de reposo

Durante la fermentación se observa en el primer día una variación leve en la acidez, esto se debe a la fermentación en fase anaeróbica cuyos productos son etanol. Sin embargo, a partir del segundo y tercer día de la fermentación se da inicio a la fermentación aeróbica cuyo producto es ácido

acético, de ahí el aumento de la acidez. Hay producción de ácidos por los microorganismos en la pulpa, lo cual causa un ascenso de la acidez y una consecuente disminución del pH (LÓPEZ, 1983).

A medida que se incrementa el tiempo de reposo de las mazorcas la acidez se ve incrementada, siendo mayor para las mazorcas que estuvieron en reposo 72 horas. La diferencia en la acidez al inicio de la fermentación para los granos sometidos a diferentes tiempos de reposo, se debe a que el proceso fermentativo se dio inicio durante el reposo de las mazorcas, por tanto, a mayor tiempo de reposo mayor acidez. Al respecto, el almacenamiento de la mazorca previo al desgrane y fermentación acelera el proceso fermentativo, los valores son más altos a medida que se incrementa el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao (TORRES *et al.*, 2004).

Así mismo, el aumento de la acidez y de la temperatura ocasiona la muerte del embrión y una lisis parcial de las paredes celulares, lo que permite el contacto de las diferentes enzimas con sus respectivos substratos, ocasionando las reacciones que originan los precursores del sabor a chocolate (CROSS y JEANJEAN, 1997). Una acidez excesiva reduce el potencial del sabor (BIEHL *et al.*, 1985).

#### **4.1.1.4. En la temperatura**

La variación de la temperatura durante la fermentación para los diferentes tiempos de reposo se muestran en el Anexo A-XXVIII, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo del tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A-XXIX). Durante la fermentación se produce un

incremento de la temperatura siendo mayor al quinto día (Figura 5). El aumento de la temperatura ocasiona la muerte del embrión y una lisis parcial de las paredes celulares, lo que permite el contacto de las diferentes enzimas con sus respectivos substratos, ocasionando las reacciones que originan los precursores del sabor a chocolate (CROSS y JEANJEAN, 1997).

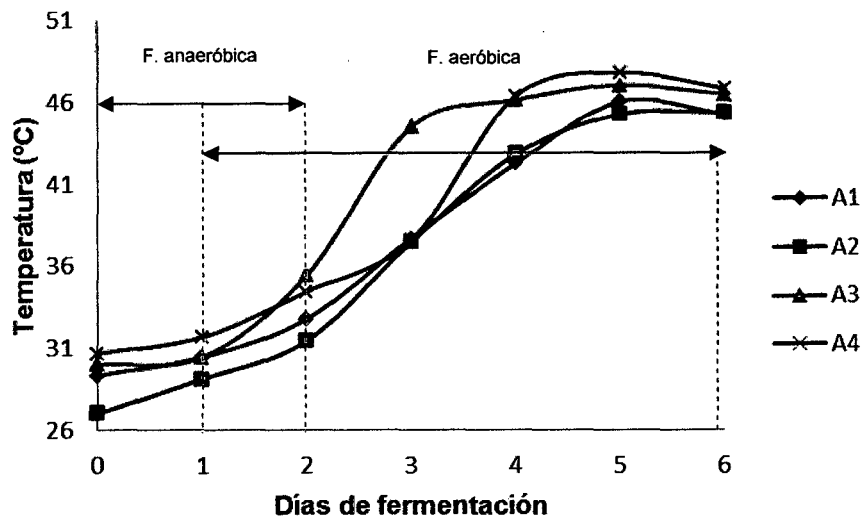
En el Cuadro 10 se presenta resultados de la temperatura a los seis días de fermentación según el tiempo de reposo.

**Cuadro 10.** Temperatura de fermentación a los seis días, según el tiempo de reposo.

<b>Reposo</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
Tiempo de reposo: 0 Horas	45,67 ± 1,32 <sup>ab</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	44,89 ± 1,45 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	46,67 ± 1,00 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	47,00 ± 1,22 <sup>a</sup>

Reporte de media ± SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).

Según el análisis mostrado en el Cuadro 10, existe diferencia significativa entre el tiempo de reposo de 24 horas, con los tiempos de reposo de 48 y 72 horas, siendo la menor temperatura (44,89 °C) para los granos sometidos a un tiempo de reposo de 24 horas, mientras que la mayor temperatura (47,0 °C) para los granos sometidos a un tiempo de reposo de 72 horas, seguido del tiempo de reposo de 48 horas (46,67 °C).



**Figura 5.** Evolución de la temperatura durante la fermentación según el tipo de reposo.

También se observa que, entre el tercer y cuarto día a mayor tiempo de reposo hay mayor incremento de la temperatura durante la fermentación. Para ORTIZ *et al.* (2009), el reposo de la mazorca previo al desgrane y fermentación acelera el proceso fermentativo, debido a que la temperatura se eleva más rápidamente y los valores alcanzados son más altos a medida que se incrementa el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao.

Por otro lado ÁLVAREZ (1997), detectó temperaturas mayores (40,9 °C) en el segundo día de la fermentación del cacao desgranado recién cosechado. Sin embargo, la temperatura más alta del cacao con cinco días de retardo en el desgrane se aproxima a las máximas alcanzadas (41- 44,6 °C).

El aumento de la temperatura es causado por el calor generado por las reacciones exotérmicas y la actividad microbiana que ocurre en el proceso fermentativo, proviniendo la mayor cantidad de calor de la oxidación del etanol a ácido acético y de la conversión del ácido acético a CO<sub>2</sub> y agua. Además, el

ascenso de la temperatura puede ser atribuido a una pre fermentación de las mazorcas durante el reposo (BAREL *et al.*, 1987).

Por otro lado SENANAYAKE *et al.* (1995) encontraron la temperatura más alta del cacao (41- 44,6 °C) en cacao trinitario y forastero de Sri Lanka 24 horas después de la recolección y fermentado en pequeña escala (TORRES *et al.*, 2004).

#### **4.1.2. Efecto del tiempo de reposo de las mazorcas después del proceso de secado**

##### **4.1.2.1. En la humedad**

La variación del porcentaje de humedad después de cada tipo de secado estudiado para los diferentes tiempos de reposo se muestran en el Anexo A-XXX, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo del tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A-XXXI).

En el Cuadro 11 se presenta el resultado del porcentaje de humedad después del secado según tiempo de reposo.

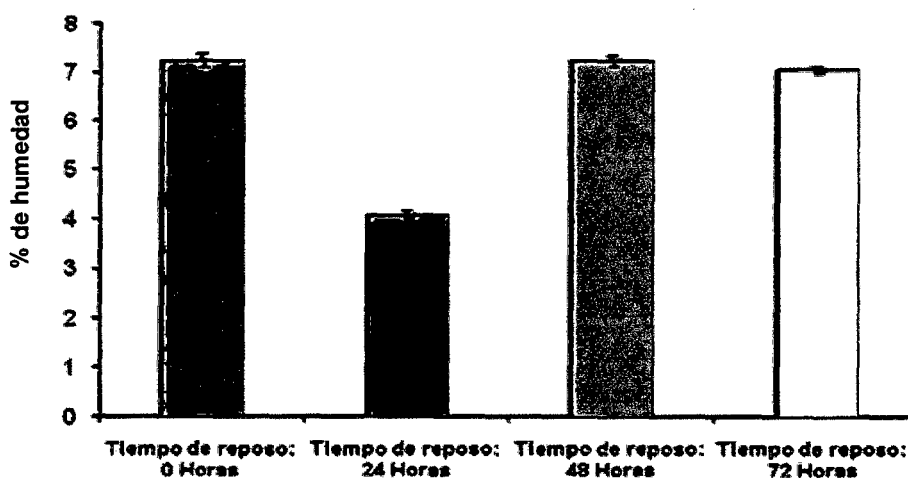
**Cuadro 11.** Porcentaje de humedad después del secado según tiempo de reposo.

<b>Condiciones de reposo de la mazorca</b>	<b>% Humedad<sup>1</sup></b>
Tiempo de reposo: 0 Horas	7,24 ± 0,14 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	7,08 ± 0,07 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	7,23 ± 0,11 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	7,05 ± 0,07 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =18. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).

Según el análisis mostrado en el Cuadro 11, existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad encontrado entre el grupo de tiempos de reposo de 0 y 48 horas, con el grupo de tiempos de reposo a 24 y 72 horas, cuya representación gráfica se muestra en la Figura 6. El menor porcentaje de humedad (7,05 %) fue para los granos sometidos a un tiempo de reposo de 72 horas, mientras que el mayor porcentaje de humedad (7,24 %) fue para los granos que fueron sometidos a un tiempo de reposo de 0 horas. Cabe considerar que el contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, conveniencia en empaque, transporte y almacenamiento, también constituye un criterio de calidad y los valores de los porcentajes de humedad; los hacen ser considerados como productos seguros con prolongada vida de almacenamiento (BRADLEY, 2003).

En la Figura 6 se presenta los resultados de la determinación de humedad al final del secado para diferentes tiempos de reposo de las mazorcas.



**Figura 6.** Porcentaje de humedad al final del secado, según el tiempo de reposo de mazorca

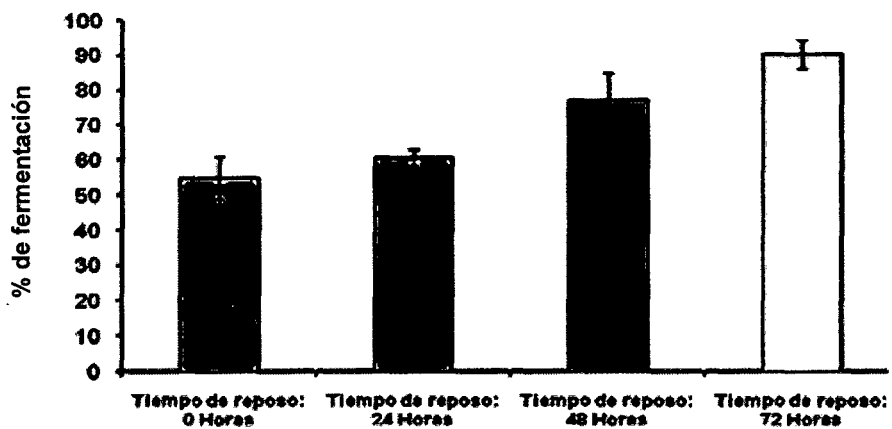
#### 4.1.2.2. En el índice de fermentación

Los porcentajes de fermentación después de cada tipo de secado en estudio para los diferentes tiempos de reposo se muestran en el Anexo A-XXXII, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo para el tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A-XXXIII).

**Cuadro 12.** Porcentaje de fermentación después del secado según tiempo de reposo.

Condiciones de reposo de la mazorca	% Fermentación <sup>1</sup>
Tiempo de reposo: 0 Horas	54,78 ± 6,01 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	60,56 ± 2,28 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	77,06 ± 7,59 <sup>c</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	90,17 ± 4,09 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =18. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 7.** Porcentaje de fermentación al final del secado, según el tiempo de



Del Cuadro 12 y figura 7, se observa que existe efecto significativo del reposo de las mazorcas en el porcentaje de fermentación. El menor porcentaje de fermentación (54,78 %) fue para los granos provenientes de mazorcas cuya quiebra se realizó inmediatamente después de la cosecha, mientras que el mayor porcentaje de fermentación (90,17 %) fue para los granos que provenientes de mazorcas con un tiempo de reposos de 72 horas.

TORRES *et al.* (2004), mencionan que el porcentaje de granos fermentados se incrementó cuando el desgrane del cacao, se realizó a los cinco días después de la cosecha, esto se debe a la temperatura más alta alcanzada en la masa de granos de cacao, ya que la elevación de esta variable en la fermentación está correlacionada con la velocidad de la muerte de las semillas, la cual es indispensable para que se produzcan las reacciones bioquímicas en el interior del grano que causan el oscurecimiento del cotiledón y además mencionan que el cacao desgranado después de cinco días de almacenamiento. Así mismo, es importante destacar que a medida que se incrementa el tiempo entre la cosecha y el desgrane aumenta la posibilidad de una sobre fermentación, por lo cual se debe reducir el tiempo de fermentación cuando la proporción de mazorcas desgranadas tardíamente sea alta (TORRES *et al.*, 2004).

#### **4.1.2.3 En el pH**

La variación del pH con el tipo de secado para los diferentes tiempos de reposo se muestra en el Anexo A-XXXIV, el análisis estadístico

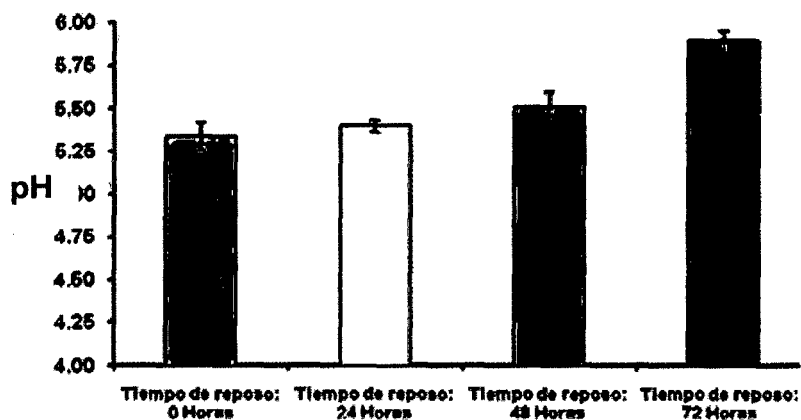
indica que existe un efecto altamente significativo para el tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A-XXXV).

Según el análisis mostrado en el Cuadro 13, existe diferencia significativa en los valores del pH al final del secado según tiempo de reposo a que fueron sometidas las mazorcas de cacao.

**Cuadro 13.** Valores del pH después del secado según tiempo de reposo.

Condiciones de reposo de la mazorca	pH <sup>1</sup>
Tiempo de reposo: 0 Horas	5,34 ± 0,08 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	5,40 ± 0,03 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	5,51 ± 0,09 <sup>c</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	5,89 ± 0,06 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =18. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 8.** Valores del pH al final del secado, según el tiempo de reposo de las mazorcas.

El mayor valor del pH (5,89) se obtuvo cuando las mazorcas se quebraron después 72 horas de reposo después de la cosecha, en

contraposición cuando el reposo de la mazorca fue de 0 hora (5,34), es decir hubo un aumento del pH con el reposo de las mazorcas. Por su parte PORTILLO *et al.* (2007), determinó que durante la fermentación el pH se incrementa en los granos cuando se usan mazorcas almacenadas por 6 a 9 días, al compararlas con las no almacenadas.

#### 4.1.2.4. En la acidez

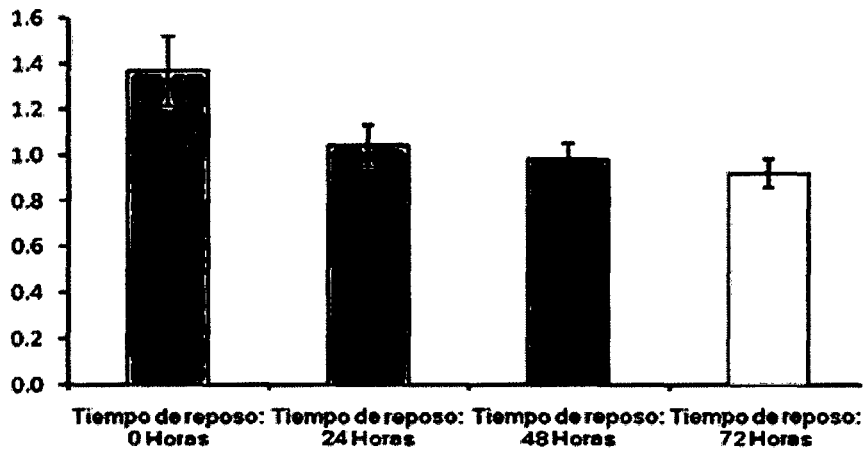
La variación de la acidez (para la manteca), expresado en ácido oleico después del tipo de secado para los diferentes tiempos de reposo se muestra en el A-XXXVI, el análisis estadístico indica que existe efecto altamente significativo para el tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A- XXXVII). En el Cuadro 14 se presenta el valor de la acidez después del secado según tiempo de reposo de las mazorcas.

**Cuadro 14.** Valor de acidez después del secado según tiempo de reposo de las mazorcas.

Condiciones de reposo de la mazorca	Acidez <sup>1</sup>
Tiempo de reposo: 0 Horas	1,37 ± 0,15 <sup>a</sup>
Tiempo de reposo: 24 Horas	1,04 ± 0,09 <sup>b</sup>
Tiempo de reposo: 48 Horas	0,98 ± 0,07 <sup>c</sup>
Tiempo de reposo: 72 Horas	0,92 ± 0,06 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =18. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).

En la Figura 9 se presenta la variación de la acidez al final del secado, según tiempo de reposo



**Figura 9.** Variación de la acidez al final del secado, según el tiempo de reposo

Según el análisis mostrado en el Cuadro 14 y la Figura 9, existe diferencia significativa en el valor de la acidez de los granos de cacao según el tiempo de reposo sometido a las mazorcas de cacao antes del proceso fermentativo. La máxima concentración se obtuvo cuando las mazorcas se quebraron inmediatamente después de la cosecha (1,37), 0 horas de reposo; sin embargo, la menor concentración se obtuvo cuando el reposo de las mazorcas de cacao fue de 72 horas (0,92), es decir hubo una disminución en la concentración de ácido con el reposo de las mazorcas.

Al respecto, PORTILLO *et al.* (2007) determinó que durante la fermentación el contenido de acidez disminuye en los granos cuando se usan mazorcas almacenadas por 6 a 9 días, al compararlas con las no almacenadas.

## 4.2. Frecuencia de remoción de los granos de cacao, más adecuada

### 4.2.1. Efecto de la frecuencia de remoción de los granos durante la fermentación

#### 4.2.1.1 En los Sólidos Solubles Totales (SST)

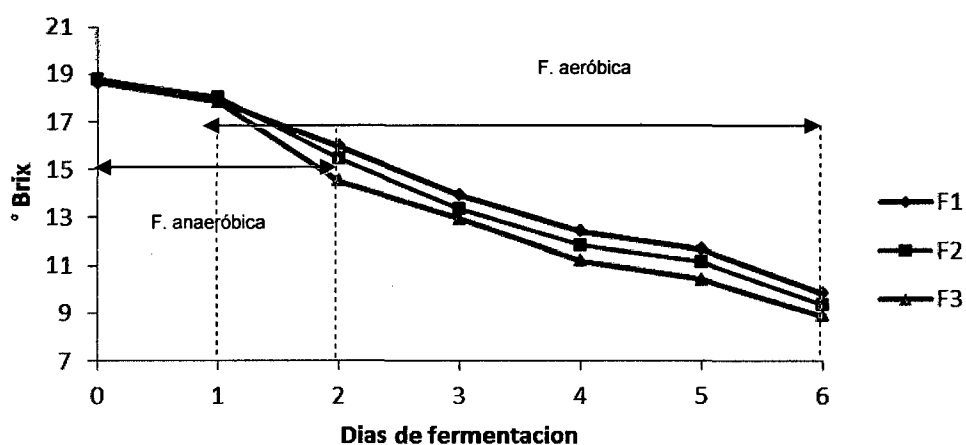
La variación de los SST durante la fermentación para las diferentes frecuencias de remoción se muestran en el Anexo A-I, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo de la frecuencia de remoción con un  $p \leq 0,05$  (A. II - IX).

En el Cuadro 15 y Figura 10, se presentan la evolución de sólidos solubles durante la fermentación a diferentes tiempos de remoción.

**Cuadro 15.** SST al sexto día de fermentación según frecuencia de remoción.

Remoción de la masa fermentante	°Brix <sup>1</sup>
Frecuencia de remoción: F1	9,83±1,17 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	9,35±1,33 <sup>b</sup>
Frecuencia de remoción: F3	8,88±0,86 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media  $\pm$  SD, para  $n = 9$ . Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ), Comparación de medias por Duncan.



**Figura 10.** Evolución de SST durante la fermentación a diferentes tiempos de remoción

Se puede observar que los SST disminuyen más rápidamente para el tratamiento F3 (remoción cada 24 horas durante los seis días), esto se debería a que cuando se realiza la remoción más continua, la fermentación se acelera lo cual también se puede verificar en el incremento de la temperatura, lo que coincide con lo señalado por BENITO (1997), quien afirma que la remoción incrementa la temperatura en la masa lo cual es favorable para lograr una buena fermentación; además, GRAZIANI *et al.* (2003), afirman que la elevación de la temperatura de la masa de cacao es ocasionada por las reacciones exotérmicas y el aumento de la actividad microbiana que ocurren durante el proceso de fermentación.

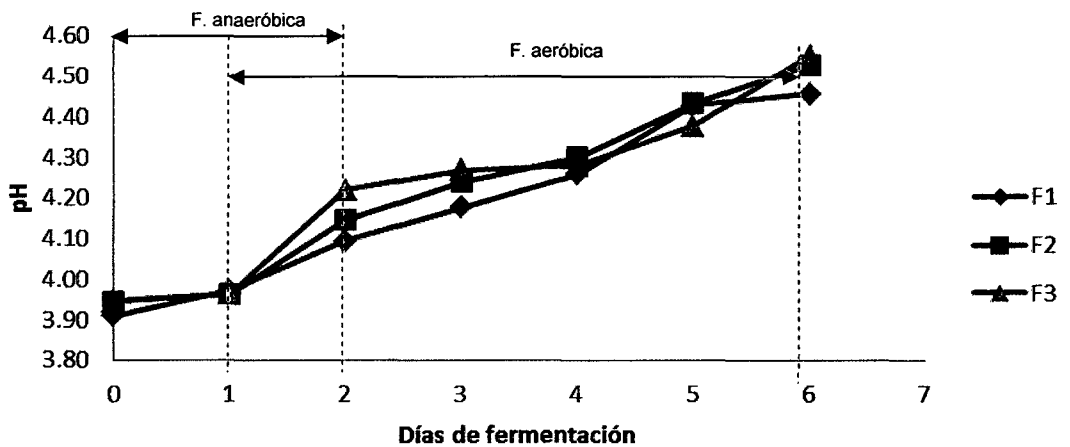
#### 4.2.1.2. En el pH

La variación del pH durante la fermentación para las diferentes frecuencias de remoción se muestran en el Anexo A-X, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo de la frecuencia de remoción con un  $p \leq 0,05$  (A: XI - XVIII) y en el Cuadro 16 se presenta la comparación del pH a los seis días de fermentación según frecuencia de remoción.

**Cuadro 16.** Comparación del pH a los seis días de fermentación según frecuencia de remoción.

Remoción de la masa fermentante	pH <sup>1</sup>
Frecuencia de remoción: F1	4,46 ± 0,21 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	4,53 ± 0,18 <sup>b</sup>
Frecuencia de remoción: F3	4,55 ± 0,28 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ±SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ), Comparación de medias por Tukey.



**Figura 11.** Evolución del pH durante la fermentación según el tipo de remoción.

El valor del pH al sexto día de fermentación para las diferentes frecuencias de remoción mostrado en el Cuadro 16, nos indica que estos valores son diferentes estadísticamente, notándose que el pH se incrementa cuando la remoción es más frecuente lo cual sucede con la F3 (remoción cada 24 horas durante los seis días de fermentación), siendo diferente las frecuencias de remoción F1 y F2, donde el valor del pH desciende. Este comportamiento puede ser explicado por PORTILLO *et al.* (2006) quien indica que el descenso del pH en la pulpa es atribuible al metabolismo del ácido cítrico por acción de las levaduras anaeróbicas, ya que el etanol formado es oxidado a ácido acético por las bacterias acéticas el cual migra hacia los cotiledones. CROSS (1997), encontró valores más altos de pH con una frecuencia de remoción de 24 horas. MEYER *et al.* (1989) afirman: las remociones de 24 horas favorecen el incremento del pH.

#### 4.2.1.3. En la acidez

La variación de la acidez acética durante la fermentación para las diferentes frecuencias de remoción se muestran en el Anexo A-XIX, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo de la frecuencia de remoción con un  $p \leq 0,05$  (A: XX - XXVII).

Los resultados de la acidez al sexto día de fermentación para las diferentes frecuencias de remoción de los granos mostrados se muestran en el Cuadro 17.

**Cuadro 17.** Acidez a 6 días de fermentación según frecuencia de remoción.

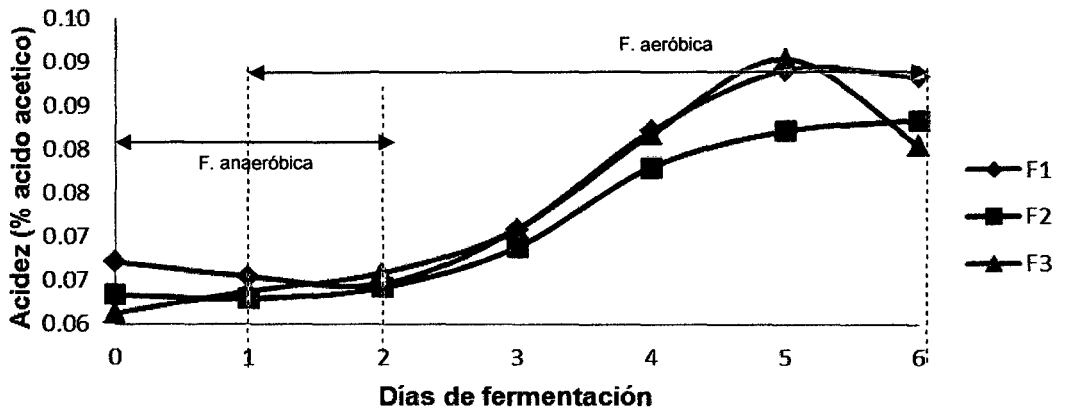
<b>Remoción de la masa fermentante</b>	<b>Acidez<sup>1</sup></b>
Frecuencia de remoción: F1	0,088 ± 0,019 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	0,083 ± 0,018 <sup>ab</sup>
Frecuencia de remoción: F3	0,080 ± 0,016 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ), Comparación de medias por Tukey.

Los resultados indican que existe diferencia significativa entre las frecuencias de remoción F1 y F3; correspondiendo la mayor acidez para los granos sometidos a la frecuencia de remoción F1 y menor acidez para los granos sometidos a la frecuencia de remoción F3.

El comportamiento de la acidez para las diferentes frecuencias de remoción se muestra en la Figura 12.





**Figura 12.** Evolución de la acidez durante la fermentación para las diferentes frecuencias de remoción

En la Figura 12, se observa que a medida que se incrementa el tiempo de reposo de las mazorcas la acidez se ve incrementada para las tres frecuencias de remoción. Los ácidos producidos por los microorganismos causan un ascenso de la acidez y una consecuente disminución del pH (LÓPEZ, 1983), que es favorecido por el aumento de la aireación en el proceso (SENANAYAKE *et al.*, 1995), provocando reacciones de hidrólisis y oxidación de pigmentos (SCHWAN, 1990). El incremento de la acidez en la pulpa es favorecido por el aumento de la aireación en el proceso (SENANAYAKE *et al.*, 1995). Por otro lado, la elevación del pH y la reducción de la acidez de la pulpa son causadas por la degradación microbiana de los ácidos (MEYER *et al.*, 1989).

#### 4.2.1.4. En la temperatura

La variación de la temperatura durante la fermentación para las diferentes frecuencias de remoción se muestran en el Anexo A-XXVIII, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo de la frecuencia de remoción con un  $p \leq 0,05$  (A-XXIX).

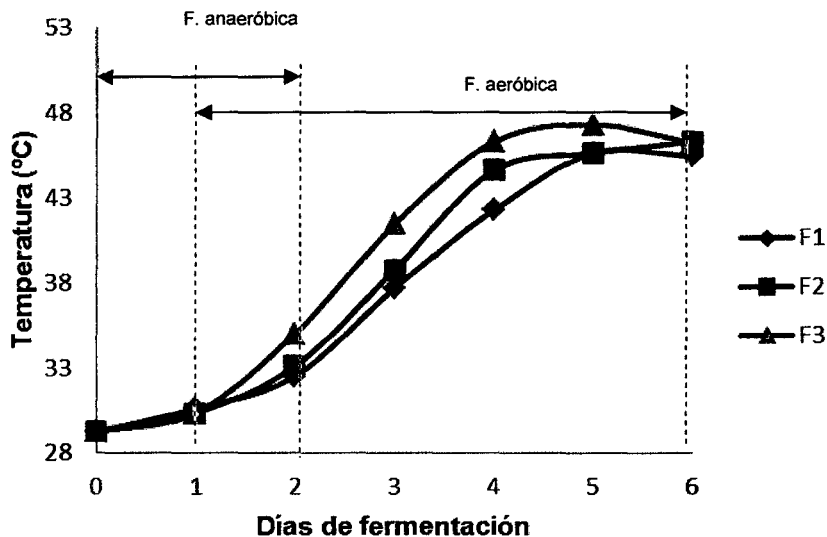
El análisis mostrado en el Cuadro 18, indica que no existe diferencia significativa para la temperatura de la masa de granos de cacao para las diferentes frecuencias de remoción. Al remover la masa de cacao se está facilitando el ingreso de oxígeno y dando lugar a la fermentación acética originando también un aumento en el pH.

**Cuadro 18.** Temperatura a los 6 días de fermentación según la frecuencia de remoción

Remoción	Temperatura (°C)
F1	45,67 ± 1,23 <sup>a</sup>
F2	46,17 ± 1,85 <sup>a</sup>
F3	46,33 ± 1,30 <sup>a</sup>

Reporte de media ± SD, para n = 9. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ), Comparación de medias por Tukey.

Según la Figura 13, se logra mayores temperaturas durante la fermentación cuando la frecuencia de remoción de la masa de cacao es cada 24 horas, siendo más pronunciado al quinto día de fermentación.



**Figura 13.** Evolución de la temperatura durante la fermentación según el tipo de remoción.

CONTRERAS *et al.* (2004) señalan que durante la fermentación se origina anhídrido carbónico, el cual se cree no forma parte de las sustancias precursoras del sabor, razón por la cual es necesario remover la masa de cacao, principalmente cuando se utilizan cajas como fermentadores; la formación de este ácido se puede disminuir incrementando la temperatura de la masa de cacao a (55-65 °C) durante 24 a 30 horas al final de fermentación alcohólica.

ENRIQUEZ (2003) encontró que remociones de 24 horas favorecen el incremento del pH el cual está ligado con la temperatura. Además, al remover la masa fermentante la temperatura se eleva, siendo menor dicha elevación cuando se aumentan los intervalos con que se remueve la masa (SENANAYAKE *et al.*, 1995).

Sin embargo, si la masa se remueve muy frecuentemente se produce mucha aireación y un descenso de la temperatura, y en consecuencia, disminución de la velocidad metabólica y alta concentración de ácido acético en los granos (PUZIAH *et al.*, 1998).

Además, la remoción frecuente de la masa puede alterar la secuencia microbiana apropiada y provocar la aparición de metabolitos, que al difundirse por el interior de los cotiledones afectarían negativamente la calidad del producto final (SCHWAN, 1990).

## 4.2.2. Efecto de la frecuencia de remoción en los granos después del proceso de secado

### 4.2.2.1 En la humedad

La variación del porcentaje de humedad con el tipo de secado para las diferentes frecuencias de remoción se muestran en el Anexo A-XXX, el análisis estadístico indica que existe un efecto no significativo para la frecuencia de remoción con un  $p = 0,73$  (A-XXXI) y en el Cuadro 19 se presenta el porcentaje de humedad después del secado según frecuencia de remoción; no existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad encontrado entre las frecuencias de remoción a la que fue sometido la masa de cacao.

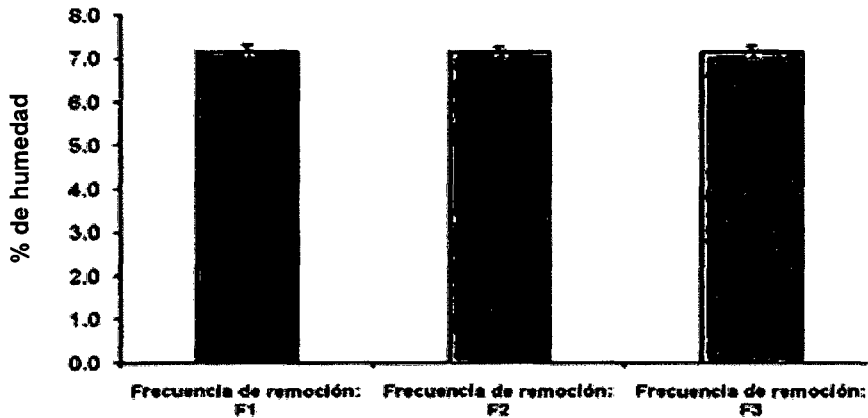
**Cuadro 19.** Porcentaje de humedad después del secado según frecuencia de remoción.

Remoción de la masa fermentante	% Humedad <sup>1</sup>
Frecuencia de remoción: F1	7,16 ± 0,15 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	7,15 ± 0,12 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F3	7,14 ± 0,14 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =24. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).

El contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, conveniencia en empaque, transporte y almacenamiento, también constituye un criterio de calidad (ARIOVALDO y NASCIMENTO, 1995). Los valores dentro de la norma técnica de calidad del porcentaje humedad permiten la conservación y una vida útil prolongada (COLINA, 2010).

En la Figura 14 se puede observar la evolución del porcentaje de humedad durante el secado según frecuencia de remoción.



**Figura 14.** Evolución del porcentaje de humedad durante el secado según frecuencia de remoción.

#### 4.2.2.2. En el índice de fermentación

La variación del porcentaje de fermentación después del tipo de secado para las diferentes frecuencias de remoción se muestran en el Anexo A-XXXII, el análisis estadístico indica que existe un efecto no significativo de la frecuencia de remoción con un  $p = 0,09$  (A-XXXIII).

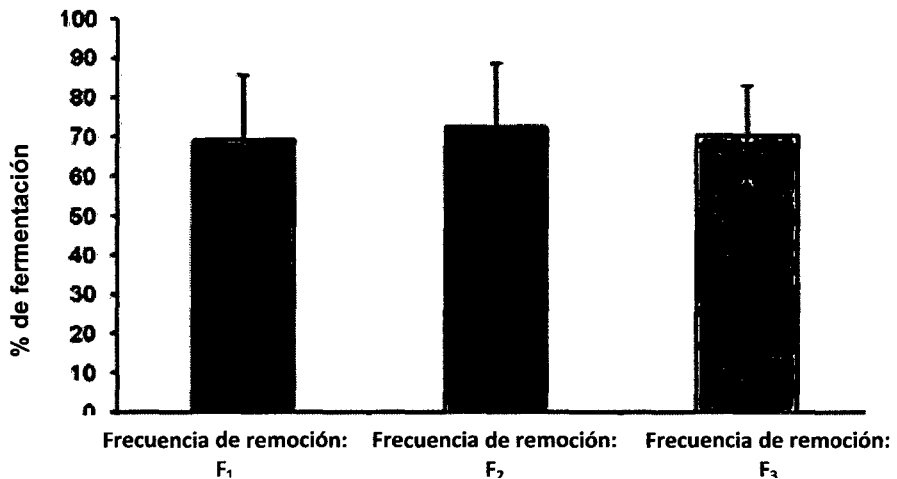
En el Cuadro 20, se muestra el porcentaje de fermentación después del secado de los granos de cacao según tipo de remoción.

Según el análisis mostrado en el Cuadro 20, cuyos valores se grafican de la Figura 15, no existe diferencia significativa en el porcentaje de fermentación de los granos de cacao con la frecuencia de remoción empleado en durante el proceso fermentativo.

**Cuadro 20.** Porcentaje de fermentación después del secado según tipo remoción.

Remoción de la masa fermentante	% Fermentación <sup>1</sup>
Frecuencia de remoción: F1	69,21 ± 16,42 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	72,25 ± 16,22 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F3	70,46 ± 12,44 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =24. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).



**Figura 15.** Porcentaje de fermentación al final del secado, según el tipo de remoción

La remoción incrementa la aireación de la masa, lo cual afecta la temperatura de fermentación y la acidez del producto, al remover la masa fermentante la temperatura se eleva, siendo menor dicha elevación cuando se aumentan los intervalos con que se remueve la masa. Así mismo, la concentración de ácidos libres totales disminuye con el aumento de la frecuencia de la remoción, el incremento de la temperatura y la aireación favorecen el desarrollo y la actividad de las bacterias acéticas, las cuales son responsables de la oxidación del etanol a ácido acético y de la ulterior

formación de dióxido de carbono y agua, aumentando el porcentaje de granos fermentados. Además, la aireación, al controlar la acidez del medio y elevar la temperatura, influye sobre la actividad enzimática necesaria para el desarrollo del sabor y aroma a chocolate (ORTIZ *et al.*, 2009).

#### 4.2.2.3. En el pH

La variación del pH con el tipo de secado para las frecuencias de remoción se muestra en el Anexo A-XXXIV, el análisis estadístico indica que existe un efecto altamente significativo para el tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A-XXXV).

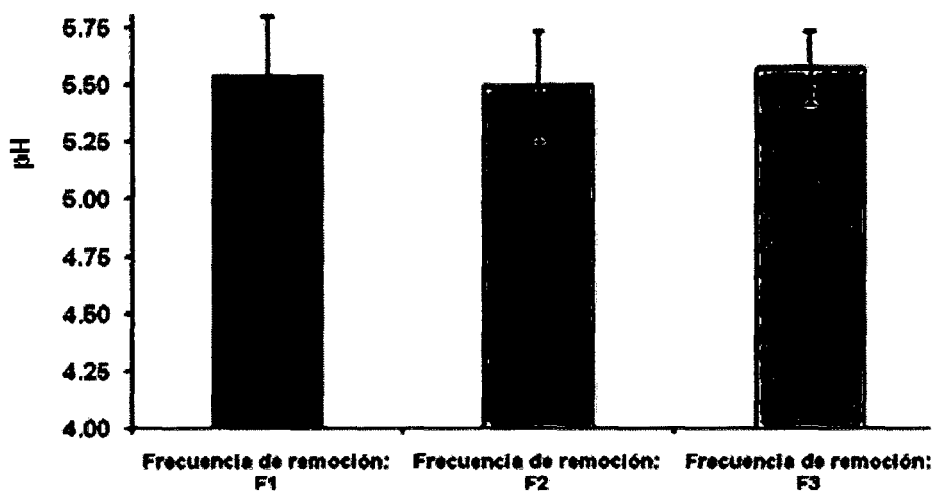
En el Cuadro 21 se presenta los valores de pH después del secado según frecuencia de remoción con la prueba de comparación múltiple de medias para las frecuencias de remoción.

**Cuadro 21.** Valor del pH después del secado según frecuencia de remoción.

Remoción de la masa fermentante	pH
Frecuencia de remoción: F1	5,54 ± 0,26 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	5,49 ± 0,24 <sup>b</sup>
Frecuencia de remoción: F3	5,57 ± 0,16 <sup>c</sup>

Reporte de media ± SD, para n =24. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).

En la Figura 16 se aprecia la variación del pH al final del secado según tipo de remoción.



**Figura 16.** Variación del pH al final del secado, según el tipo de remoción.

Según el análisis mostrado en el Cuadro 21, cuyos valores están graficados en la Figura 16, existe diferencia significativa en el valor del pH de los granos de cacao según la frecuencia de remoción aplicado a la masa de cacao durante el proceso fermentativo.

El mayor valor de pH se obtuvo cuando la frecuencia de remoción de la masa de granos de cacao fue cada 24 horas, F3 (5,57) mientras que el menor valor de pH se obtuvo cuando se la frecuencia de remoción de la masa de granos fue F2 (5,49). En otros estudios realizados los valores más altos de pH se alcanzaron con una frecuencia de remoción de 24 horas. Por otro lado, valores bajos de  $\text{pH} \leq 4,5$  en los cotiledones disminuyen el potencial aromático en el cacao, en tanto que valores alrededor de 5,0 - 5,5 conducen a un incremento del potencial, por lo que remociones de 24 horas favorecen el incremento del pH (PORTILLO *et al.*, 2007).



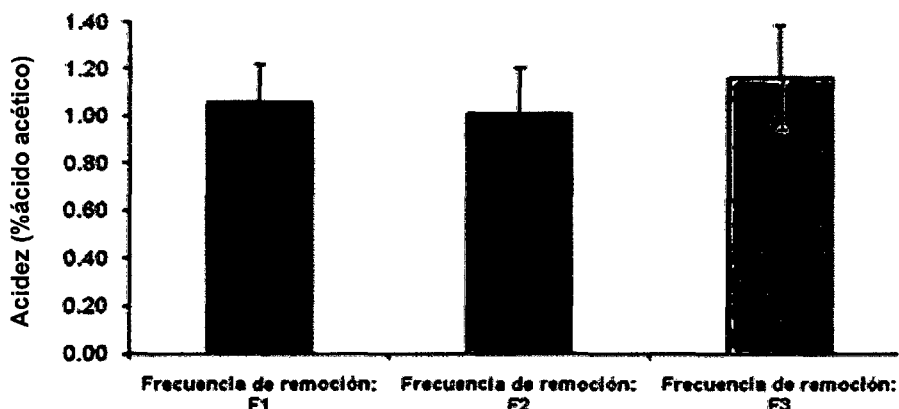
#### 4.2.2.4. En la acidez

La variación de la acidez (para la manteca), expresado en ácido oleico después del tipo de secado para los diferentes frecuencias de remoción se muestra en el Anexo A-XXXVI, el análisis estadístico indica que existe efecto altamente significativo para el tiempo de reposo con un  $p \leq 0,05$  (A-XXXVII). En el Cuadro 22, se presenta la prueba de comparación múltiple de medias efectuado para las frecuencias de remoción de la masa.

**Cuadro 22.** Valor de acidez después del secado según la frecuencia de remoción empleada.

Remoción de la masa fermentante	Acidez <sup>1</sup>
Frecuencia de remoción: F1	1,06 ± 0,16 <sup>a</sup>
Frecuencia de remoción: F2	1,01 ± 0,19 <sup>b</sup>
Frecuencia de remoción: F3	1,16 ± 0,22 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =24. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ).



**Figura 17.** Variación de la acidez al final del secado, según el tipo de remoción

La mayor concentración se obtuvo cuando la masa de granos de cacao fue sometido a una frecuencia de remoción: F3 (1,16), en contraposición

cuando la masa granos de cacao fueron sometidos a una frecuencia de remoción: F2 (1,01), es decir hubo mayor concentración de ácidos cuando la remoción fue cada 24 horas. Esto se debe a que durante la remoción de la masa de granos de cacao hay ingreso de aire lo que ocasiona una fermentación aeróbica, por tanto, la producción de ácido acético que ingresa por difusión a los cotiledones. Adicionalmente PORTILLO *et al.* (2007), señala que durante la fermentación se origina anhídrido carbónico, el cual se cree no forma parte de las sustancias precursoras del sabor, razón por la cual es necesario remover la masa de cacao, principalmente cuando se utilizan cajas como fermentadores.

#### 4.3. Método de secado más adecuado para los granos de cacao CCN-51

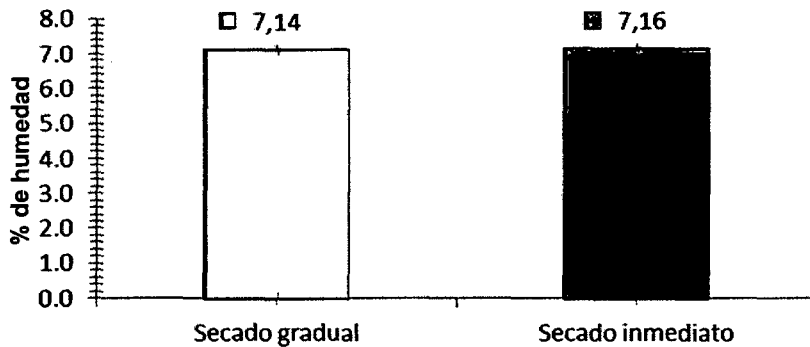
##### 4.3.1. Porcentaje de humedad

Los resultados del porcentaje de humedad después del secado, según el tipo de secado, se muestran en el Cuadro 23, cuyo gráfico se presenta en la Figura 18, en los que se puede observar que no existe diferencia significativa en el porcentaje de humedad encontrado entre el secado gradual y el secado inmediato.

**Cuadro 23.** Porcentaje de humedad después del secado según tipo de secado.

Tipo de secado	% Humedad <sup>1</sup>
Secado gradual	7,14 ± 0,13 <sup>a</sup>
Secado inmediato	7,16 ± 0,13 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =36. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).



**Figura 18.** Porcentaje de humedad al final del secado, según el tipo de secado:

El menor porcentaje de humedad (7,14 %) fue para los granos sometidos a secado gradual, mientras que el mayor porcentaje de humedad (7,16 %) fue para los granos que fueron sometidos a secado inmediato.

Durante el secado la eliminación de agua se da por capilaridad y por difusión por lo que se debe seleccionar adecuadamente la temperatura del aire de secado, para impedir que se deshidrate la superficie, formando una costra que impida el paso del agua (COLINA, 2010). En el secado inmediato hubo una exposición excesiva a la fuente de calor, lo que dificultó la salida del agua presente en el cotiledón.

#### 4.3.2. Índice de fermentación

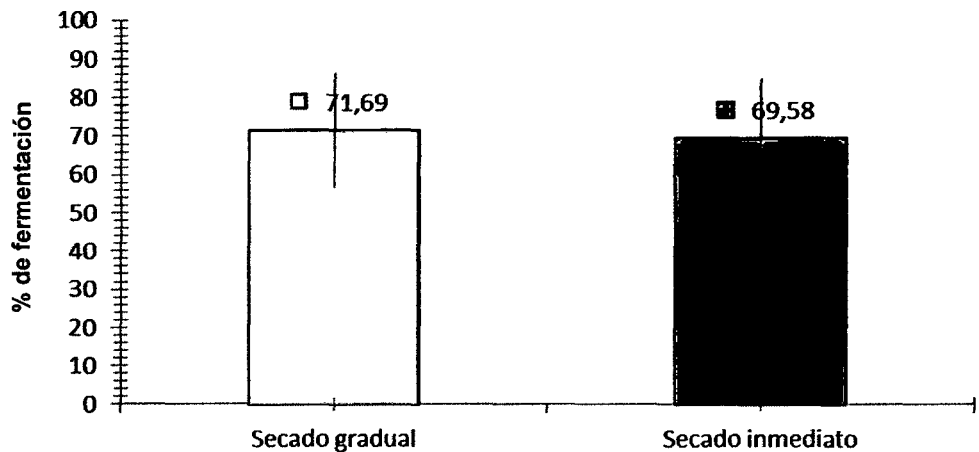
En el Cuadro 24 se presenta el porcentaje de fermentación después del secado según el tipo de secado. Según el análisis mostrado se confirma en la Figura 19, no existe diferencia significativa en el porcentaje de fermentación de los granos de cacao según el tipo de secado empleado. Sin embargo, la pequeña diferencia en los valores numéricos se podría deber a que durante el secado gradual los granos todavía continúan con el proceso

fermentativo. Al respecto, en el secado varía el color del grano, debido a que se desarrollan pigmentos marrones por las reacciones de condensación proteína quinona que ocurren después de la oxidación enzimática de polifenoles, tales como las leucocianidinas y las epicatequinas (ORTIZ *et al.*, 2009).

**Cuadro 24.** Porcentaje de fermentación después del secado según tipo de secado.

Tipo de secado	% Fermentación <sup>1</sup>
Secado gradual	71,69 ± 14,66 <sup>a</sup>
Secado inmediato	69,58 ± 15,43 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =36. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).



**Figura 19.** Porcentaje de fermentación al final del secado, según el tipo de secado

El secado también afecta las características químicas del grano, ya que además de continuar las reacciones que se inician en la fermentación, se producen reacciones térmicas que ocasionan cambios en los compuestos precursores del sabor, originándose fracciones volátiles mediante reacciones

de oscurecimiento no enzimático vía Maillard y formación de pigmentos marrones y por otro lado, las reacciones térmicas que ocurren en el secado dependen de la temperatura que se alcance en el grano, la cual a su vez está relacionada con las condiciones climáticas cuando se realiza el secado por exposición al sol (NOGALES *et al.*, 2006). Así pues, al aumentar la temperatura en el secado, se acelera la velocidad de la reacción de degradación de polifenoles, producida en esta etapa (RAMLI *et al.*, 2007).

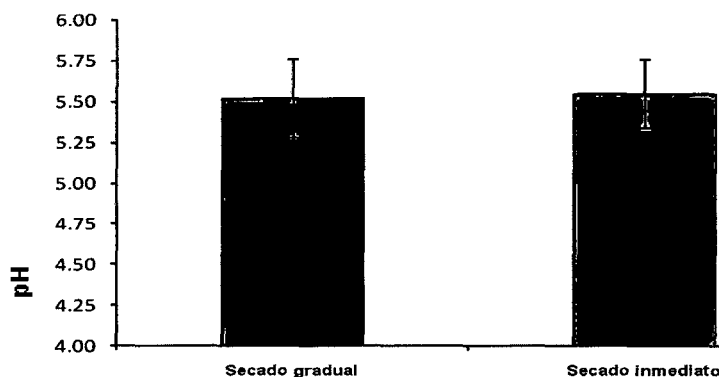
#### 4.3.3. Determinación del pH

La comparación múltiple de medias mostrada en el Cuadro 25, cuyos valores se grafican en la Figura 20, pone de manifiesto la existencia de diferencia significativa en el pH de los granos de cacao según el tipo de secado empleado.

**Cuadro 25.** Valor del pH al final del secado según tipo de secado.

Tipo de secado	pH <sup>†</sup>
Secado gradual	5,52 ± 0,24 <sup>a</sup>
Secado inmediato	5,55 ± 0,21 <sup>b</sup>

<sup>†</sup> Reporte de media ± SD, para n =36. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).



**Figura 20.** Variación del pH al final del secado, según el tipo desecado:

El menor valor de pH (5,52) fue para los granos sometidos a un secado gradual, mientras que el mayor valor de pH (5,55) fue para los granos que fueron sometidos a secado inmediato, esto debido al aumento en la concentración de ácido. Durante el secado la eliminación de agua y otros componentes volátiles se da por capilaridad y por difusión por lo que se debe seleccionar adecuadamente la temperatura del aire de secado, para impedir que se deshidrate la superficie, formando una costra que impida el paso del agua (COLINA, 2010).

#### 4.3.4. Determinación de la acidez

Según el análisis mostrado en el Cuadro 26, cuyos valores están graficados en la Figura 21, existe diferencia significativa en el valor de la acidez de los granos de cacao según el tipo de secado empleado.

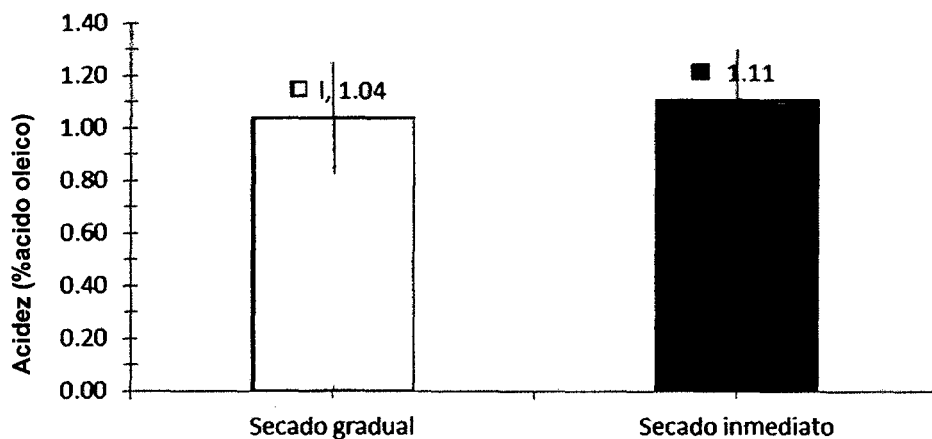
**Cuadro 26.** Valores de la acidez al final del secado según tipo de secado.

Tipo de secado	Acidez <sup>1</sup>
Secado gradual	1,04 ± 0,21 <sup>a</sup>
Secado inmediato	1,11 ± 0,19 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n =36. Valores con superíndices diferentes son significativos (p<0,05).

La mayor concentración se obtuvo cuando los granos fueron sometidos a un secado gradual (1,04), en contraposición cuando el secado de los granos fue inmediato (1,11). Hubo un aumento en la concentración de ácido, esto se debe a que durante el secado la eliminación de agua y otros componentes volátiles se da por capilaridad y por difusión por lo que se debe

seleccionar adecuadamente la temperatura del aire de secado, para impedir que se deshidrate la superficie, formando una costra que impida el paso del agua (COLINA, 2010).



**Figura 21.** Variación de la acidez al final del secado, según el tipo de secado

Durante el secado continúa la fase oxidativa de la fermentación, juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos, lo que ocurre solamente en esta etapa (CROS y JEANJEAN, 1997).

#### **4.4. Evaluación sensorial de los granos de cacao fermentado y seco**

En el Anexo A-XXXVIII se muestran los resultados de la evaluación fisicoquímica y en el Cuadro 27, los resultados de la evaluación sensorial de los granos de cacao secos.

**Cuadro 27.** Resultados de la evaluación sensorial de los granos de cacao.

Código	Sabor a cacao	Acidez	Astringencia	Amargor	Frutal	Floral	Nuez	Grado tostado	Total
A1-F1-SG	6,3	2,3	7,0	4,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,6
A1-F1-SI	5,7	2,0	5,3	4,0	0,0	1,7	0,0	5,0	2,4
A1-F2-SG	6,0	0,0	5,7	4,0	0,7	1,3	0,0	5,0	2,4
A1-F2-SI	5,7	1,0	5,0	3,7	0,0	0,0	1,0	5,0	2,7
A1-F3-SG	6,0	1,7	6,3	4,0	0,0	0,0	0,0	5,0	2,0
A1-F3-SI	6,3	3,0	6,0	4,0	0,7	1,3	0,0	5,0	1,3
A2-F1-SG	6,3	1,7	5,3	3,7	0,0	2,0	0,0	5,0	1,3
A2-F1-SI	7,3	0,3	5,0	4,3	0,0	0,3	0,0	5,0	1,3
A2-F2-SG	6,0	0,0	7,0	4,3	0,0	0,7	0,0	5,0	1,7
A2-F2-SI	6,0	2,7	5,3	4,3	0,0	1,3	0,0	5,0	1,7
A2-F3-SG	3,7	0,0	5,7	5,0	0,0	1,9	0,0	4,7	3,1
A2-F3-SI	5,7	1,7	6,0	5,7	0,0	0,7	0,0	5,0	3,0
A3-F1-SG	5,7	0,0	4,0	4,5	0,0	0,7	1,0	5,0	4,1
A3-F1-SI	7,0	0,3	3,5	5,0	0,0	1,7	3,0	5,0	4,0
A3-F2-SG	7,0	3,0	4,0	4,0	1,5	2,8	5,0	5,0	5,5
A3-F2-SI	6,0	2,0	4,5	4,0	0,0	0,0	5,0	0,0	3,3
A3-F3-SG	5,0	2,0	5,0	4,0	1,4	0,0	0,0	0,0	3,9
A3-F3-SI	6,0	3,0	4,7	3,7	2,8	0,0	1,0	0,0	4,0
A4-F1-SG	6,4	2,0	4,2	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1
A4-F1-SI	5,3	2,7	4,4	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
A4-F2-SG	5,0	1,3	3,7	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
A4-F2-SI	6,0	1,7	4,2	3,2	0,0	0,0	0,0	2,0	4,2
A4-F3-SG	6,0	1,7	4,4	3,0	0,0	1,8	2,0	0,0	4,3
A4-F3-SI	5,0	1,0	4,0	3,8	0,0	0,0	0,0	2,0	3,6

Evaluación sensorial efectuada por CHOCOLATE MARS - USA.

Tiempo de reposo de mazorcas (A), A1: 0 horas; A2: 24 horas; A3: 48 horas; A4: 72 horas.

Frecuencia de remoción de masa (F), F1: 48h +48h+ 48h, F2: 48h + 24h +24h +24h +24h y F3: 24+ 24h +24h +24h +24h + 24h. Tipo de secado; SG: Secado gradual; SI: Secado inmediato.



Del Anexo A-XXXVIII se observa que los granos de cacao que cumplen las normas técnicas del INDECOPI (2008), respecto a pH, acidez acética y acidez oleica, son los granos sometidos a 48 horas de reposo y cuya frecuencia de remoción de la masa durante la fermentación fue de: 48h + 24h +24h +24h +24h.

De la evaluación sensorial anterior, se observa que el mayor puntaje lo obtuvieron aquellos granos cuyas mazorcas fueron sometidas a 48 horas de reposo, la frecuencia de remoción de la masa fue de: 48h + 24h +24h +24h +24h durante el proceso fermentativo y cuando el secado fue gradual. El análisis de varianza se muestra en el A-XXXIX. Se puede observar que el factor reposo de las mazorcas ejerce un efecto altamente significativo en las características sensoriales del cacao seco. Para determinar el mejor nivel se efectuó la prueba de comparación múltiple de Tukey, el cual se muestra en el siguiente cuadro:

Del cuadro 28 se puede concluir que hay dos grupos homogéneos, el primer grupo está conformado por los niveles 0 y 24 horas de reposo, entre los cuales no hay diferencia significativa. El segundo grupo lo conforman los niveles 48 y 72 horas de reposo, entre los cuales no hay diferencia significativa; sin embargo, el tiempo de reposo de 48 horas, muestra un mayor valor. Por lo que se puede concluir que las mazorcas de cacao deben reposar 48 horas luego de la cosecha antes de la quiebra.

Si bien no se percibe claramente el efecto significativo de los factores frecuencia de remoción y tipo de secado, es necesario tener en cuenta el resultado de la evaluación sensorial que detecta la diferencia; en el análisis

de varianza se puede percibir por el bajo valor del  $P_{valor}$  para cada uno de los factores. Por tanto, se debe tener en cuenta que la remoción más adecuada es de 48h + 24h +24h +24h +24h durante el proceso de fermentación y el tipo de secado debe ser el gradual.

**Cuadro 28.** Comparación de medias del puntaje total de la evaluación sensorial, por Tukey

Tiempo de reposo	Puntaje sensorial total <sup>1</sup>
A2 : 24 horas de reposo	2,0167 ± 0,8208 <sup>a</sup>
A1 : 0 horas de reposo	2,0667 ± 0,5354 <sup>a</sup>
A4 : 72 horas de reposo	3,9000 ± 0.3347 <sup>b</sup>
A3 : 48 horas de reposo	4,1333 ± 0.7285 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Reporte de media ± SD, para n = 6. Valores con superíndices diferentes son significativos ( $p < 0,05$ ), Comparación de medias por Tukey.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El reposo de la mazorca mejora el porcentaje de fermentación, obteniéndose 90,17% de fermentación con 72 h de reposo y 54,78% de fermentación con 0 h de reposo y el mejor porcentaje de fermentación (72,25 %) se obtuvo con una la frecuencia de remoción F2 (remoción 48 h y cada 24 h). La concentración de ácido oleico en los granos secos se encuentran dentro del margen establecido por las normas técnicas Peruana NTP 208.006, para los diferentes tiempos de reposo y frecuencia de remoción , obteniéndose ( $1,37 \pm 0,15$ ) a 0 horas de reposo, ( $0,98 \pm 0,07$ ) a 48 horas y ( $0,92 \pm 0,06$ ) de 72 horas de reposo.
- El menor porcentaje de fermentación ( $69,58 \pm 15,43$ ) fue para los granos que se secaron de forma inmediata, mientras que el mayor porcentaje de fermentación ( $71,69 \pm 14,66$ ) fue para los granos sometidos a secado gradual. El mejor resultado sensorial se obtuvo en el tratamiento con 48 h de tiempo de reposo de la mazorca, frecuencia de remoción (48 h, cada 24 h) y secado gradual con un puntaje total de 5,5 puntos.

## VI. RECOMENDACIONES

- Reposar 48 horas después de la cosecha, las mazorcas de cacao cultivar CCN51 orgánico, fermentándose los granos durante 144 horas, removiéndose la masa con una frecuencia de remoción de 48 horas, cada 24 horas, hasta el sexto día de fermentación, finalmente secar los granos en forma gradual al sol hasta obtener una humedad menor o igual a 7,5%.
- Realizar estudios comparativos en diferentes lugares donde existe producción de cacao, porque las condiciones edafoclimáticas influyen en los parámetros poscosecha.
- Realizar estudios comparativos con otros tipos de cacao convencional u orgánico, poniendo énfasis en los de interés comercial o de mayor cultivo.
- Efectuar estudios de *screening* microbiológico propio de los granos de cacao durante el proceso de fermentación.
- Efectuar estudios para el diseño de secadores solares para el secado de los granos, que es la mayor dificultad que tienen los productores en campo.

## ABSTRACT

The present research work was to determine the parameters of post harvest to improve the quality of the cocoa bean (*Theobroma cacao L.*) growing organic CCN 51. The cocoa beans were fermented after standing times of 0, 24, 48 and 72 hours after harvest. In the fermentation of grains removals were made:

F1: removal frequency every 48 hours, F2: removal frequency 48 h followed by removal every 24 hours and F3: removal every 24 hours. In the drying is considered, will direct sun drying gradual drying to a final moisture of 7.5%. The grains obtained 48 hours of rest, removal frequency (48 h every 24 hours) and gradual drying INDECOPI meet standards. The best fermentation percentage (90.17%) was obtained in 72 hours. Standing time influences sensory evaluation A3 taking the best treatment (48 hours rest cob) Higher temperatures are reached during fermentation to F3 (46.33 ° C).

The parameters to improve the quality of cocoa CCN51 are 48 hours of rest, removal frequency 48 hours and every 24 hours and gradual drying.

### **Keywords:**

Cocoa bean CCN-51, soak time, fermentation

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOPAGRO, 2004. Cacao orgánico: Normas. Cooperativa Agraria Cacaotera. ACOPAGRO. San Martín – Perú. Boletines informativos varios.
- ADRIAZOLA, J. 2003. Producción del alimento de los dioses (*Theobroma cacao L.*) Universidad Nacional Agraria de la Selva. págs. 6, 17, 65.
- AGRICULTURE AND NUTRITION. 1977. Enciclopedia of Food. Mc Graw Hill.
- ALVAREZ, C.; PEREZ, E.; LARES, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Trop.*, dez. 2007, vol. 57, No. 4, p. 249-256. ISSN 0002-192X.
- AMORES, F. 2006. La investigación en cacao en el Ecuador. Seminario Taller Internacional: Producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales 21-23 Nov. 2006. Quevedo, Ecuador.
- AMORES, F.; JIMÉNEZ, J.; PEÑA, G. 2006. Influência do tempo de fermentação e o tostado sobre o desenvolvimento de compostos aromáticos associados ao sabor a chocolate nas amêndoas do cacau da variedade nacional. 11a SESSÃO: QUÍMICA: TECNOLOGIA E QUALIDADE. 15a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ACOPAGRO, 2004. Cacao orgánico: Normas. Cooperativa Agraria Cacaotera. ACOPAGRO. San Martín – Perú. Boletines informativos varios.
- ADRIAZOLA, J. 2003. Producción del alimento de los dioses (*Theobroma cacao L.*) Universidad Nacional Agraria de la Selva. págs. 6, 17, 65.
- AGRICULTURE AND NUTRITION. 1977. Enciclopedia of Food. Mc Graw Hill.
- ALVAREZ, C.; PEREZ, E.; LARES, M. 2007. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Trop.*, dez. 2007, vol. 57, No. 4, p. 249-256. ISSN 0002-192X.
- AMORES, F. 2006. La investigación en cacao en el Ecuador. Seminario Taller Internacional: Producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales 21-23 Nov. 2006. Quevedo, Ecuador.
- AMORES, F.; JIMÉNEZ, J.; PEÑA, G. 2006. Influência do tempo de fermentação e o tostado sobre o desenvolvimento de compostos aromáticos associados ao sabor a chocolate nas amêndoas do cacau da variedade nacional. 11a SESSÃO: QUÍMICA: TECNOLOGIA E QUALIDADE. 15a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU.

- ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCTORES DE CACAO (PPCACAO). 2009. Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) con potencial exportador. Managua. 11-13 pag.
- ARAGUA. 2004. Manejo de cultivo del cacao. Fundacite – Venezuela. Documento del 25 de mayo del 2004. ([www.cacao.fundacite.org.gov.ve/manejo.html](http://www.cacao.fundacite.org.gov.ve/manejo.html).)
- AREVALO, E.; ZUÑIGA, L.; AREVALO, C. 2004. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Impresiones del castillo S.A. Chiclayo – Perú. págs. 115 - 116, 118
- ARIOVALDO, D.; DO NASCIMENTO, S. 1995. Experimentação agrícola. 3ra ed. Departamento de Ciências Exatas Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP–Campus de Jaboticabal. Sao Paulo. 250 p.
- ASOCIACIÓN NATURLAND. 2000. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Guías de 18 cultivos. Cacao. Naturland Agricultura orgánica. 24 p.
- BAREL, M.; LEON, D.; VICENT, C. 1985. Influence du temps de fermentation du cacao sur la production des pyrazines du chocolat. *Café, Cacao, The* (París) 29(4):277-286.
- BENITO, J. 1992. Fundeagro. Grafica S.A. Lima- Perú. 155 p.
- BENITO, J. 1997. Investigación en cacao en el Perú. Tarapoto - Perú. 96 p.
- BOULANGER, R.; PORTILLO, E.; ASSEMAT, S.; CROS, E. 2006. Constituição e comparação da fração volátil das frutos frescas de cacau do tipo trinitario e criollo da Venezuela. 11a SESSÃO: QUÍMICA:



TECNOLOGIA E QUALIDADE. 15a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL  
DE PESQUISAS EM CACAU.

- BIEHL, B., MEYER, B., CRONE, G.; POLLMANN, L. 1989. Chemical and physical changes in the pulp during ripening and post-harvest storage of Cocoa Pads. *J. Sci. Food. Agric.* 48(2):189-208.
- BRADLEY, L. 2003. Moisture and Total Solids Analysis. In: Nielsen SS editor. *Food Analysis*. 3<sup>rd</sup> ed. Hardcover, USA:Springer. 119-40 p.
- BRENES, O. 1993. Características morfológicas del fruto de cultivares de cacao (*Theobroma cacao L.*). Turrialba\_Costa Rica. 160 p.
- BRENNAN, J. 1980. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. 2da edición. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 540 p.
- COLINA, L. 2010. Deshidratación de alimentos. Editorial Trillas. 215 p. México.
- CONACADO. 2002. Manual sobre el manejo post cosecha del cacao. República Dominicana. 58 p.
- CONTRERAS, C.; ORTIZ DE BERTORELLI, L.; GRAZIANI DE FARIÑAS, L.; PARRA, P. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Trop.* 54(2): 219-232.
- CRESPO, F. 1997. Cultivo y beneficio del cacao CCN51. 1ra Edición. Editorial el conejo. Guayaquil – Ecuador. 135 p.
- CROSS, E. 1997. Torréfaction In: *Cacao et Chocolat - Production et caractéristiques*. Lavoisier (Paris), á paraitre. Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, Estado Aragua.

- CROSS, E.; JEANJEAN, N. 1997. Formation l'arôme cacao. In: Cacao et Chocolat - Production et caractéristiques. Lavoisier (Paris), à paraître.
- Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, Maracay, estado Aragua.
- DEVIDA, 2004. Cacao. Paquete tecnológico y control de calidad. Tingo Maria, Perú. 41 p.
- EFRAIM, P.; PEZOA, H.; PEREIRA, C.; NISHIKAWA, A.; HADDAD, R.; NOGUEIRA, M. 2010. Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial. Versão impressa ISSN 0101-2061. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.30 supl.1 Campinas maio 2010 <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000500022>
- ENRÍQUEZ, A. 2003. Cultivo limpio (ecológico) del cacao, con miras a la certificación. Guía para productores ecuatorianos. INIAP. Quito Ecuador. 244 p.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS. 2004. El beneficio y características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) Productos editoriales y audiovisuales. Fondo Nacional del Cacao. Programa de Comercialización. Bogotá. 32 p.
- GAITAN, T. 2005. Cadena del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) con potencial exportador. Managua – Ecuador. Págs. 18 – 19.
- GARCÍA, L. 2010. Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú. Ministerio de Agricultura. Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas-DEVIDA. Lima. 112 p.

- GRAZIANI, L.; ORTIZ, L.; ÁLVAREZ, N.; TRUJILLO, A. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop.* 53(2):175-187.
- HARDY, 1970. *Manual del Cacao*. IICA. Editorial Turrialba. Costa Rica. 430 p.
- HERNANDEZ, A. T. 1991. *Cacao. Sistemas de producción en la Amazonía Peruana*. Editorial Unida S.A. Tingo Maria, Perú. 70 p.
- ICCO, 2002. *Manual de tecnología de cacao*. Editorial Unida S.A. Perú
- ICT. 2003. *Beneficio del cacao y sus variedades*. Tarapoto, Perú. 155 p.
- INDECOPI. 2008. *NORMAS TÉCNICAS PERUANAS. NTP. 208.040– INDECOPI. Manual de buenas prácticas para la cosecha y beneficio del cacao*.
- INDECOPI. 2006. *NORMAS TÉCNICAS PERUANAS. NTP ISO 1114– INDECOPI. Granos de cacao - Prueba de corte*.
- INIA, 2004. *Manual de beneficio de cacao Orgánico*. Tarapoto, Perú. 157p
- JIMÉNEZ, J. 2006. *Calidad sensorial de cacaos especiales*. Seminario Taller Internacional: Producción, calidad y mercadeo de cacaos especiales 21-23 Nov. 2006. Quevedo, Ecuador.
- LEMUS, M.; GRAZIANI, L.; ORTIZ, L.; TRUJILLO, A. 2002. Efecto del mezclado de cacaos tipos criollo y forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. *Agronomía Tropical* 52(1): 45-58.
- LIENDO, J. ; MARÍN, R. 2006. *Prácticas pos cosecha y de almacenamiento del cacao (Theobroma cacao) en el estado Miranda Venezuela*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2006, 23: 342-355.

- LÓPEZ, A. 1983. Factors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. *Revista Theobroma*, v. 13, n. 3, p. 233-248.
- LUNA, F.; CROUZILLAT, L.; CIROU; BUCHELI, P. 2002. Chemical composition and flavor of ecuatorian cocoa liquor. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3527 – 3532.
- MEJIA, 2001. Cultivo orgánico del cacao. Turipana – Colombia. Documento del 10 de mayo del 2004. En línea: ([http://turipana.org.co/abono\\_cacao.htm](http://turipana.org.co/abono_cacao.htm))
- MEYER, B.; BIEHL, B.; SAID, M.; SAMARAKODDY, R. 1989. Post-harvest Pod storage: A method for Pulp Preconditioning to Impair Strong Nib Acidification during Cocoa Fermentation in Malasia. *J. Sci. food. agric.* 48(3):285-304.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2004. Manual del CULTIVO del Cacao. Programa para el Desarrollo de la Amazonía–PROAMAZONIA. Lima. 83 p.
- MONTES, 1981. *Tecnificación del Cacao en la selva peruana*. 2da Edición. Universitaria. V2. Buenos Aires –Argentina. 609 p.
- NATIVIDAD, R.; ADRIAZOLA, J.; GARCÍA, L.; ZAVALA, J.; GIL, J.; CABEZAS, O.; GONZÁLES, F. 2007. Diplomado: Cultivos industriales tropicales: café, cacao y palma aceitera. UNAS. Tingo María. Pág. 1-11; 120-140.
- NOGALES, J.; GRAZIANI, L.; ORTIZ, L. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera<sup>1</sup>. *Agronomía Trop.*, mar. 2006, vol.56, no.1, p.5-20. ISSN 0002-192X.

- NOSTI, J. 1968. Cacao y derivados. Editorial Salvat S.A. Barcelona. España. 775 p.
- NUÑEZ, A. 2004. Informe por Ingeniería por servicios laborales (poscosecha café-cacao) ADEX, PRISMA y CEPICAFE .UNAS, Tingo Maria, Perú. 84 p.
- OFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC. 1995. International 16 th. Edition. Volumen I y II. Edited by Patricia Cunniff. Arlington, Virginia, USA.
- ORTIZ, L.; CAMACHO, G. ; GRAZIANI, L. 2004. Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agronomía Trop.* 54(1): 31-43.
- ORTIZ, L., GRAZIANI, L.; GERVAISE, L. 2009. Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. *Agronomía Trop.* 59(1): 73-79.
- ORTIZ, L.; GRAZIANI, L.; ROVEDAS L, GERVAISE. 2009. Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol1. *Agronomía Trop.*, jun. 2009, vol.59, no.2, p.119-127. ISSN 0002-192X.
- PAREDES, J.; CANALS, M.; GONZÁLEZ, A.; RODRÍGUEZ, O. ; RODRÍGUEZ, A. 2006. Influência dos tipos de estufas na qualidade do cacau (*Theobroma cacao* L.). 11a SESSÃO: QUÍMICA: TECNOLOGIA E QUALIDADE. 15a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU.
- PAREDES, M. 2003. Manual: Instalación de áreas nuevas de cacao convencional y orgánico. Lima-Perú. 55 p.

- PEREZ, P. 2006. Programa de capacitación en la cadena del cacao. Módulo pos cosecha del cacao. Unidad 2: La cosecha del cacao. Unidad 3: Pos cosecha y beneficiado. Unidad 5: La calidad del cacao en grano. GTZ. Ecuador.
- PEREZ, L. 1997. Análisis estadístico con Statgraphics. Técnicas básicas. Alfa Omega. México. 709 p.
- PORTILLO, E.; GRAZIANI, L.; BETANCOURT, E. 2007. Análisis Químico del Cacao Criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2007, 22: 325-332.
- PORTILLO, L.; GRAZIANI, L.; BETANCOURT, E. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2005, 22: 388-399.
- PORTILLO, L.; GRAZIANI, L.; CROS, E. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Disponible en: [SciELO\serial\fgro\v23n1\body\art\\_05.htm](http://SciELO\serial\fgro\v23n1\body\art_05.htm) 20/06/2006.
- PUZIAH, H.; JINAP, S.; KHARIDAH, M. ; ASBI, A. 1999. Effect of drying time, bean depth and temperature on free amino acid, perptide-N sugar and pyrazine concentrations of Malaysian cocoa beans. J. Sci. Food Agric. 79:987-994.
- RAMLI, D.; ZAINAL, M.; MAR, T. 2007. Drying with chemical reaction in cocoa beans. Drying Techn. (4, 5, 6):867-875.

- RAMOS, C. 2006. Experiencias en la investigación y producción de cacao criollo en Venezuela. Seminario Taller Internacional: Producción, Calidad y Mercadeo de cacaos especiales 21-23 Nov. 2006. Quevedo, Ecuador.
- RAMOS, C. 2006. Prácticas de fermentación y secado para aumentar la calidad del cacao. Seminario Taller Internacional: Producción, Calidad y Mercadeo de cacaos especiales 21-23 Nov. 2006. Quevedo, Ecuador.
- ROELOFSEN, A. 1958. Fermentation, Drying and Storage of cocoa beans. *Advances in foodresearch*. 8:225-296.
- ROHAN, T.; CONNEL, M. 1964. The precursors of chocolate aroma: A study of the flavonoids and phenolic acids. *Journal of Food Science*, v. 29, n. 4, p. 460-463, 1964.
- ROHSIUS, C.; ANDERSSON, M.; NIEMENAK, N.; SUKHA, D.; LIEBEREI, R. 2006. Constituição e comparação da fracção volátil das frutos frescas de cacau do tipo trinitario e criollo da Venezuela. 11a SESSÃO: QUÍMICA: TECNOLOGIA E QUALIDADE. 15a CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE PESQUISAS EM CACAU
- SCHWAN, R. 1990. Microbiología de la fermentación del cacao: Estudio para mejorar la calidad CEPLAC/CEPEC/SETEA. Cp 07, 45600-000, Itabuna, Bahia, Brasil. *Agrotropica*. 2(1):22-31.
- SENANAYAKE, M.; JANSZ, E. ; BUCKLE, K. 1997. Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. *J. Sci. food. agric*. 74: 42-48.
- SULLCA, B. 1992., Tecnificación del cacao en la selva peruana. Fundeagro. Lima-Perú.

- TORRES, O.; GRAZIANI, L.; ORTIZ, L.; TRUJILLO, A. 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. *Agronomía Trop.* 54(4):481-495.
- WOOD, G. 1982. Cacao fruta tropical. Continental S.A. México. 363 p.
- WOYZECHOWSSKY, L. ; SANGRONIS, E. 2006. Efecto del procesamiento del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) en contenido de polifenoles, taninos y capacidad antioxidante.
- ZAMBRANO, A.; ROMERO, C.; GÓMEZ, A.; RAMOS, G.; LACRUZ, C., BRUNETTO, M.; MÁXIMO, G.; GUTIÉRREZ, L.; DELGADO, Y. 2010. Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Trop.* 60(2): 211-219.
- ZAMORA, E. 2007. Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, MINAL, Ciudad de La Habana. Editorial Universitaria. págs. 80-109



**ANEXO**

**A - I. Cuantificación de los SST según el tiempo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.**

Días	Remoción	Reposo			
		0(Horas)	24(Horas)	48(Horas)	72(Horas)
0	F1	19,83±0,29	19,30±0,61	18,17±0,17	17,17±0,09
	F2	20,50±0,50	19,13±0,32	18,07±0,43	17,33±0,09
	F3	20,67±0,58	19,17±0,29	18,03±0,26	17,33±0,17
1	F1	19,33±0,58	18,17±0,29	17,67±0,29	16,23±0,25
	F2	20,17±0,76	18,00±0,50	17,33±0,58	16,50±0,50
	F3	20,00±0,00	17,83±0,29	17,33±0,58	16,07±0,12
2	F1	18,50±0,50	15,50±0,50	14,67±0,58	15,23±0,25
	F2	18,00±0,00	15,17±0,29	13,33±0,58	15,17±0,29
	F3	16,67±0,58	14,50±0,87	12,67±0,58	14,23±0,25
3	F1	15,67±1,15	13,00±0,50	12,83±0,29	14,17±0,29
	F2	15,33±0,58	12,17±1,04	11,83±0,29	14,00±0,00
	F3	14,67±0,58	12,17±1,04	11,50±0,50	13,33±0,29
4	F1	12,67±1,15	10,67±0,58	12,50±0,50	13,80±0,35
	F2	12,67±0,58	9,33±0,58	11,50±0,50	13,77±0,25
	F3	12,33±0,58	9,00±0,00	10,33±0,58	13,00±0,20
5	F1	12,00±1,00	9,67±0,58	12,00±0,00	13,00±0,00
	F2	11,00±1,00	8,67±0,58	11,50±0,50	13,33±0,29
	F3	10,67±1,15	8,33±0,58	10,00±0,00	12,60±0,17
6	F1	9,67±0,58	8,17±0,29	10,67±0,58	10,83±0,29
	F2	9,50±0,50	7,33±0,58	10,00±0,00	10,57±0,40
	F3	9,33±0,58	7,83±0,29	9,33±0,58	9,00±1,00

Estos datos reportan la media  $\pm$  SD, para  $n = 3$ . En el cual F1, F2, F3, son las frecuencias de remoción con valores de respectivamente.

**A-II. Análisis de varianza para °Brix durante los seis días de fermentación de acuerdo a los factores: tiempo de reposo, frecuencia de remoción y días de fermentación.**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	175,8590	3	58,6195	203,30	0,0000
B:Frecuencia de remoción	28,8752	2	14,4376	50,07	0,0000
C:Días fermentación	2683,2400	6	447,207	1551,01	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	7,3362	6	1,2227	4,24	0,0005
AC	251,5020	18	13,9723	48,46	0,0000
BC	15,1014	12	1,2584	4,36	0,0000
ABC	9,9049	36	0,2751	0,95	0,0000
Residuos	48,4400	168	0,2883		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>3220,2600</b>	<b>251</b>			

**A-III. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (0 días)**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	47,8031	3	15,9344	87,83	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,2217	2	0,1108	0,61	0,5520
<b>Interacciones</b>					
AB	1,0761	6	0,1794	0,99	0,4567
Residuos	4,3667	24	0,1819		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>53,4675</b>	<b>35</b>			

**A-IV. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (1 días)**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	59,6008	3	19,8669	98,92	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,2439	2	0,1219	0,61	0,5530
<b>Interacciones</b>					
AB	1,5983	6	0,2664	1,33	0,2839
Residuos	4,8200	24	0,2008		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>66,2631</b>	<b>35</b>			

**A-V. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (2 días).**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	82,3342	3	27,4447	114,49	0,0000
B:Frecuencia de remoción	12,9939	2	6,4969	27,10	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	2,0483	6	0,3414	1,42	0,2465
Residuos	5,7533	24	0,2397		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>103,1300</b>	<b>35</b>			

**A-VI. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (3 días).**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	56,0556	3	18,6852	44,84	0,0000
B:Frecuencia de remoción	6,0555	2	3,0278	7,27	0,0034
<b>Interacciones</b>					
AB	0,9444	6	0,1574	1,42	0,2465
Residuos	10,0000	24	0,4167		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>73,0550</b>	<b>35</b>			

**A-VII. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (4 días).**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	73,9297	3	24,6432	79,42	0,0000
B:Frecuencia de remoción	9,2572	2	4,6286	14,92	0,0001
<b>Interacciones</b>					
AB	3,9161	6	0,6527	2,10	0,0904
Residuos	7,4467	24	0,3103		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>94,5497</b>	<b>35</b>			

**A-VIII. Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (5 días).**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	75,8631	3	25,2877	64,61	0,0000
B:Frecuencia de remoción	9,6939	2	4,8469	12,38	0,0001
<b>Interacciones</b>					
AB	3,3928	6	0,5655	1,44	0,2392
Residuos	9,3933	24	0,3914		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>98,3431</b>	<b>35</b>			

**A-IX.** Análisis de varianza del °Brix para los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (6 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	31,7742	3	10,5914	38,17	0,0000
B:Frecuencia de remoción	5,5106	2	2,7553	9,93	0,0007
<b>Interacciones</b>					
AB	4,2650	6	0,7108	2,56	0,0463
Residuos	6,6600	24	0,2775		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>48,2097</b>	<b>35</b>			

**A-X.** Comportamiento del pH según el tiempo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.

Días	Remoción	Reposo			
		0(Horas)	24(Horas)	48(Horas)	72(Horas)
0	F1	4,03±0,04	3,89±0,01	3,87±0,01	3,84±0,01
	F2	4,08±0,02	3,93±0,02	3,91±0,01	3,85±0,01
	F3	4,07±0,02	3,95±0,05	3,90±0,01	3,86±0,01
1	F1	4,19±0,01	3,92±0,07	3,90±0,01	3,89±0,01
	F2	4,15±0,02	3,94±0,04	3,89±0,01	3,86±0,01
	F3	4,15±0,01	3,88±0,01	3,89±0,01	3,87±0,02
2	F1	4,30±0,01	3,91±0,07	3,95±0,01	4,21±0,02
	F2	4,40±0,02	3,93±0,04	3,93±0,01	4,32±0,02
	F3	4,33±0,02	4,26±0,03	3,99±0,02	4,29±0,01
3	F1	4,59±0,01	3,98±0,04	4,03±0,02	4,11±0,01
	F2	4,51±0,01	4,20±0,01	4,08±0,02	4,16±0,02
	F3	4,37±0,01	4,31±0,01	4,14±0,02	4,25±0,01
4	F1	4,28±0,01	4,47±0,02	4,01±0,02	4,27±0,01
	F2	4,39±0,01	4,45±0,02	4,06±0,01	4,30±0,01
	F3	4,34±0,01	4,42±0,02	4,11±0,01	4,25±0,01
5	F1	4,43±0,02	4,70±0,01	4,37±0,01	4,21±0,01
	F2	4,44±0,02	4,66±0,01	4,35±0,01	4,27±0,01
	F3	4,38±0,02	4,54±0,01	4,39±0,01	4,19±0,01
6	F1	4,45±0,01	4,78±0,02	4,36±0,01	4,23±0,01
	F2	4,70±0,01	4,66±0,01	4,50±0,01	4,25±0,01
	F3	4,79±0,01	4,82±0,02	4,39±0,01	4,20±0,01



**A-XI. Análisis de varianza para el pH durante los 6 días de fermentación**  
de acuerdo a los factores: tiempo de reposo, frecuencia de  
remoción y días de fermentación.

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	2,7219	3	0,9073	2342,62	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0964	2	0,0482	124,46	0,0000
C:Días fermentación	9,9465	6	1,6578	4280,27	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0650	6	0,0108	27,95	0,0000
AC	2,7841	18	0,1547	399,36	0,0000
BC	0,1528	12	0,0127	32,88	0,0000
ABC	0,6317	36	0,0175	45,31	0,0000
Residuos	0,0651	168	0,0004		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>16,4635</b>	<b>251</b>			

**A-XII. Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de  
reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (0  
días).**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,2210	3	0,0737	167,87	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0105	2	0,0053	11,98	0,0002
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0030	6	0,0005	1,14	0,3714
Residuos	0,0105	24	0,0004		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,2451</b>	<b>35</b>			

**A-XIII.** Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (1 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,4911	3	0,1637	196,46	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0004	2	0,0002	0,21	0,8094
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0062	6	0,0010	1,24	0,3213
Residuos	0,0200	24	0,0008		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,5177</b>	<b>35</b>			

**A-XIV.** Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (2 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,9368	3	0,3123	398,65	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0960	2	0,0480	61,29	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,1728	6	0,0288	36,78	0,0000
Residuos	0,0188	24	0,0008		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>1,2245</b>	<b>35</b>			

**A-XV.** Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (3 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,8738	3	0,2913	398,65	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0521	2	0,0260	61,29	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,2435	6	0,0406	36,78	0,0000
Residuos	0,0061	24	0,0003		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>1,1755</b>	<b>35</b>			

**A-XVI.** Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (4 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,7061	3	0,2354	1283,77	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0104	2	0,0052	28,42	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0305	6	0,0051	27,76	0,0000
Residuos	0,0044	24	0,0002		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,7514</b>	<b>35</b>			

**A-XVII.** Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (5 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,7718	3	0,2573	2205,23	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0218	2	0,0109	93,45	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0384	6	0,0064	54,85	0,0000
Residuos	0,0028	24	0,0001		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,8348</b>	<b>35</b>			

**A-XVIII.** Análisis de varianza para pH de acuerdo a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (6 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	1,5053	3	0,5018	5017,58	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0580	2	0,0290	290,19	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,2022	6	0,0007	336,97	0,0000
Residuos	0,0024	24	0,0001		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>1,7679</b>	<b>35</b>			

**A-XIX.** Comportamiento de la acidez según el tiempo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.

Días	Remoción	Reposo			
		0(Horas)	24(Horas)	48(Horas)	72(Horas)
0	F1	0,05±0,003	0,05±0,006	0,07±0,006	0,09±0,006
	F2	0,04±0,003	0,05±0,006	0,07±0,006	0,09±0,010
	F3	0,04±0,000	0,05±0,005	0,07±0,006	0,09±0,006
1	F1	0,04±0,003	0,05±0,010	0,08±0,006	0,09±0,006
	F2	0,04±0,003	0,05±0,005	0,07±0,006	0,09±0,003
	F3	0,04±0,002	0,05±0,005	0,08±0,006	0,10±0,005
2	F1	0,04±0,006	0,05±0,008	0,07±0,006	0,09±0,005
	F2	0,04±0,006	0,05±0,003	0,08±0,003	0,09±0,006
	F3	0,05±0,006	0,05±0,006	0,07±0,006	0,09±0,000
3	F1	0,06±0,006	0,06±0,006	0,07±0,003	0,10±0,005
	F2	0,06±0,008	0,05±0,006	0,07±0,006	0,09±0,005
	F3	0,06±0,003	0,05±0,006	0,07±0,003	0,10±0,010
4	F1	0,07±0,006	0,07±0,010	0,08±0,003	0,11±0,010
	F2	0,06±0,003	0,07±0,003	0,08±0,003	0,10±0,010
	F3	0,06±0,006	0,07±0,003	0,08±0,006	0,11±0,012
5	F1	0,07±0,003	0,07±0,006	0,10±0,005	0,12±0,006
	F2	0,06±0,006	0,06±0,006	0,10±0,003	0,11±0,010
	F3	0,07±0,006	0,08±0,005	0,10±0,003	0,13±0,006
6	F1	0,07±0,006	0,08±0,003	0,10±0,010	0,11±0,010
	F2	0,06±0,006	0,07±0,000	0,10±0,006	0,10±0,006
	F3	0,06±0,006	0,07±0,003	0,10±0,006	0,09±0,006

Estos datos reportan la media  $\pm$ SD, para n = 3. En el cual F1, F2, F3, son los tipos de remoción con valores de respectivamente.

**A-XX.** ANVA para la acidez durante los 6 días de fermentación de acuerdo a los factores: tiempo de reposo, frecuencia de remoción y días de fermentación.

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,08173	3	0,02724	800,66	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,00054	2	0,00027	7,88	0,0005
C:Días fermentación	0,02221	6	0,00370	108,78	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,00037	6	0,00006	1,82	0,0981
AC	0,00381	18	0,00021	6,22	0,0000
BC	0,00076	12	0,00006	1,86	0,0422
ABC	0,00131	36	0,00004	1,07	0,3709
Residuos	0,00572	168	0,00003		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,11646</b>	<b>251</b>			

**A-XXI.** ANVA de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (0 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,01272	3	0,00424	135,64	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,00021	2	0,00010	3,36	0,0519
<b>Interacciones</b>					
AB	0,00008	6	0,00001	0,42	0,8569
Residuos	0,00075	24	0,00003		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,01276</b>	<b>35</b>			

**A-XXII.** Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (1 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,01660	3	0,00553	135,64	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,00004	2	0,00002	3,36	0,5147
<b>Interacciones</b>					
AB	0,00007	6	0,00001	0,42	0,8565
Residuos	0,00068	24	0,00003		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,01739</b>	<b>35</b>			

**A-XXIII.** Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (2 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,01139	3	0,003380	136,76	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,00002	2	0,000009	0,32	0,7257
<b>Interacciones</b>					
AB	0,00029	6	0,000049	1,76	0,1507
Residuos	0,00067	24	0,000028		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,01237</b>	<b>35</b>			

**A-XXIV.** Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (3 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,00823	3	0,00274	82,30	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,00003	2	0,00002	0,52	0,6006
<b>Interacciones</b>					
AB	0,00046	6	0,00008	2,30	0,0678
Residuos	0,00080	24			
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,00952</b>	<b>35</b>			

**A-XXV.** Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (4 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,0105	3	0,00351	73,31	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0001	2	0,00006	1,32	0,6006
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0002	6	0,00004	0,78	0,5953
Residuos	0,0012	24	0,00005		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,0120</b>	<b>35</b>			



**A-XXVI.** Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (5 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,0168	3	0,00561	179,38	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0005	2	0,00024	7,76	0,0025
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0003	6	0,00005	1,71	0,1616
Residuos	0,0008	24	0,00005		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>0,0184</b>	<b>35</b>			

**A-XXVII.** Análisis de varianza de la acidez para a los factores: tiempo de reposo y frecuencia de remoción con tiempo de fermentación (6 días).

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,0093	3	0,00310	80,75	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0004	2	0,00020	5,04	0,0149
<b>Interacciones</b>					
AB	0,0002	6	0,00004	1,04	0,4266
Residuos	0,0009	24	0,00004		
<b>Total (Corregido)</b>		<b>35</b>			

**A-XXVIII.** Comportamiento de la temperatura (°C) según el tipo de reposo y frecuencia de remoción durante el proceso de fermentación.

Días	Remoción	Reposo			
		0(Horas)	24(Horas)	48(Horas)	72(Horas)
0	F1	29,33±0,58	27,00±1,00	30,00±0,00	30,67±0,58
	F2	29,33±0,58	27,00±1,00	30,00±0,00	30,67±0,58
	F3	29,33±0,58	27,00±1,00	30,00±0,00	30,67±0,58
1	F1	30,67±0,58	29,33±0,58	30,67±0,58	31,67±0,58
	F2	30,33±1,15	29,00±0,00	30,33±0,58	31,67±0,58
	F3	30,33±1,15	29,00±0,00	30,33±0,58	31,67±0,58
2	F1	31,67±0,58	30,67±0,58	34,33±0,58	33,33±0,58
	F2	32,33±1,53	30,67±0,58	35,33±0,58	34,00±0,00
	F3	34,33±1,53	33,00±1,00	36,67±0,58	36,00±1,00
3	F1	37,00±5,00	36,00±2,00	42,67±0,58	35,00±0,00
	F2	37,00±3,61	37,00±0,00	45,00±0,00	36,00±0,00
	F3	39,00±4,00	39,33±0,58	45,67±0,58	41,67±0,58
4	F1	40,68±3,79	39,67±1,15	45,00±0,00	43,67±1,15
	F2	42,00±3,61	42,00±1,00	46,67±1,15	47,67±0,58
	F3	44,00±2,65	46,67±1,15	46,67±0,58	47,67±1,53
5	F1	45,00±1,00	44,00±1,73	46,33±1,15	47,00±0,00
	F2	46,00±0,00	44,67±1,53	47,67±2,31	48,33±1,15
	F3	47,00±0,00	47,00±0,00	47,00±0,00	48,00±0,00
6	F1	44,67±0,58	45,00±1,00	46,00±0,00	46,00±0,00
	F2	45,33±0,58	45,00±1,00	47,00±0,00	47,67±0,58
	F3	45,67±0,58	46,00±1,00	46,33±0,58	46,67±0,58

Estos datos reportan la media  $\pm$ SD, para n = 3. En el cual F1, F2 y F3, son los tipos de remoción con valores de respectivamente.

**A-XXIX.** Análisis de varianza de la temperatura durante los 6 días de fermentación para a los factores: reposo, remoción y días de fermentación.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	384,6830	3	128,2280	74,97	0,0000
B:frecuencia de remoción	132,4840	2	66,2421	38,73	0,0000
C:Días fermentación	11879,9000	6	1979,9800	1157,67	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	20,0556	6	3,3426	1,95	0,0749
AC	295,5400	18	16,4189	9,60	0,0000
BC	117,5710	12	9,7976	5,73	0,0000
ABC	57,2222	36	1,5895	0,93	0,5881
Residuos	287,3330	168	1,7103		
Total (Corregido)	13174,7000	251			

**A-XXX.** Análisis de porcentaje de humedad después del proceso de secado gradual e inmediato.

Reposo	F1		F2		F3	
	SG	SI	SG	SI	SG	SI
A1	7,23±0,25	7,30±0,10	7,20±0,10	7,13±0,15	7,37±0,12	7,23±0,06
A2	7,17±0,06	7,10±0,10	7,07±0,06	7,03±0,06	7,10±0,00	7,00±0,00
A3	7,10±0,10	7,33±0,06	7,23±0,06	7,32±0,08	7,13±0,12	7,23±0,06
A4	6,99±0,01	7,07±0,06	7,13±0,06	7,07±0,12	6,99±0,01	7,07±0,06

Estos datos reportan la media  $\pm$ SD, para n = 3. En el cual A1 (reposo 0 horas), A2 (reposo 24 horas), A3 (reposo 48 horas), A4 (reposo 72 horas); SG (secado gradual), SI (secado inmediato); F1, F2 y F3.

**A-XXXI.** Análisis de varianza para el porcentaje de humedad durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	0,5278	3	0,1759	20,49	0,0000
B:Frecuencia de remoción	0,0053	2	0,0027	0,31	0,7340
C:Días fermentación	0,0036	6	0,0036	0,42	0,5196
<b>Interacciones</b>					
AB	0,1266	6	0,0211	2,46	0,0374
AC	0,1158	3	0,0386	4,50	0,0073
BC	0,0362	2	0,0181	2,11	0,1323
ABC	0,0390	6	0,0065	0,76	0,6065
Residuos	0,4121	48	0,0086		
Total (Corregido)	1,2665	71			

**A-XXXII.** Análisis de porcentaje de fermentación después del proceso de secado gradual e inmediato.

Reposo	F1		F2		F3	
	SG	SI	SG	SI	SG	SI
A1	52,0±4,36	50,0±10,0	56,7±3,06	50,7±3,06	61,0±3,61	58,3±1,53
A2	62,0±4,00	61,3±2,31	61,7±0,58	59,3±2,52	60,0±1,73	59,0±1,00
A3	73,3±5,77	70,0±10,0	85,0±5,00	82,0±2,65	77,0±8,19	75,0±5,00
A4	93,0±1,00	92,0±2,00	91,3±2,08	91,3±2,08	87,3±6,43	86,0±5,29

Estos datos reportan la media  $\pm$ SD, para  $n = 3$ . En el cual A1 (reposo 0 horas), A2 (reposo 24 horas), A3 (reposo 48 horas), A4 (reposo 72 horas); SG (secado gradual), SI (secado inmediato); F1,F2 y F3.

**A-XXXIII.** ANVA para el porcentaje de humedad durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.

Fuente	S.C.	g.l.	C.M.	Fc	Pv
<b>Efectos Principales</b>					
A:Tiempo de reposo	13963,6000	3	4654,5400	212,64	0,0000
B:Frecuencia de remoción	112,1940	2	56,0972	2,56	0,0876
C:Días fermentación	80,2222	1	80,2222	3,66	0,0615
<b>Interacciones</b>					
AB	682,8060	6	113,8010	5,20	0,0003
AC	0,1158	3	7,3704	0,34	0,7988
BC	4,6944	2	2,3472	0,11	0,1323
ABC	14,3056	6	2,3843	0,11	0,9950
Residuos	0,4121	48	0,0086		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>15930,6000</b>	<b>71</b>			

**A-XXXIV.** Análisis de pH después del proceso de secado gradual e inmediato.

Reposo	F1		F2		F3	
	SG	SI	SG	SI	SG	SI
A1	5,24±0,01	5,31±0,01	5,28±0,01	5,33±0,02	5,43±0,01	5,46±0,02
A2	5,39±0,01	5,41±0,01	5,35±0,01	5,38±0,01	5,41±0,01	5,45±0,02
A3	5,53±0,01	5,56±0,02	5,35±0,02	5,41±0,01	5,56±0,01	5,61±0,01
A4	5,97±0,01	5,93±0,01	5,90±0,01	5,89±0,01	5,84±0,02	5,80±0,01

Estos datos reportan la media  $\pm$  SD, para  $n = 3$ . En el cual A1 (reposo 0 horas), A2 (reposo 24 horas), A3 (reposo 48 horas), A4 (reposo 72 horas); SG (secado gradual), SI (secado inmediato); F1, F2 y F3.

**A-XXXV.** Análisis de varianza para el pH durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A:Reposo	3,26894	3	1,08965	9122,62	0,0000
B:Remocion	0,08935	2	0,04468	374,03	0,0000
C:Días fermentación	0,01076	1	0,01076	90,05	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,21884	6	0,03647	305,35	0,0000
AC	0,01927	3	0,00065	305,35	0,0000
BC	0,00029	2	0,00014	1,20	0,3108
ABC	0,00206	6	0,00034	2,87	0,0179
Residuos	0,41207	48	0,00858		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>3,61533</b>	<b>71</b>			

**A-XXXVI.** Análisis de Acidez de manteca (Expresado en ácido oleico) después del proceso de secado gradual e inmediato.

<b>Tiempo de reposo</b>	<b>F1</b>		<b>F2</b>		<b>F3</b>	
	<b>SG</b>	<b>SI</b>	<b>SG</b>	<b>SI</b>	<b>SG</b>	<b>SI</b>
A1	1,25±0,02	1,34±0,01	1,43±0,01	1,15±0,02	1,45±0,01	1,58±0,02
A2	1,00±0,00	1,13±0,01	0,91±0,01	0,99±0,01	1,05±0,00	1,18±0,00
A3	0,91±0,01	1,04±0,00	0,89±0,01	0,94±0,01	0,98±0,01	1,09±0,00
A4	0,87±0,01	0,91±0,01	0,85±0,01	0,90±0,02	0,95±0,01	1,02±0,00

Estos datos reportan la media  $\pm$ SD, para n = 3. En el cual A1 (reposo 0 horas), A2 (reposo 24 horas), A3 (reposo 48 horas), A4 (reposo 72 horas); SG (secado gradual), SI (secado inmediato); F1, F2, F3.

**A-XXXVII. Análisis de varianza para el pH durante los tiempos de reposo de acuerdo a los factores: remoción y tipo de secado.**

<b>Fuente</b>	<b>S.C.</b>	<b>g.l.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pv</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A: Tiempo de reposo	2,18493	3	0,72831	8160,33	0,0000
B: Frecuencia de remoción	0,29806	2	0,14904	1669,81	0,0000
C: Días fermentación	0,06839	1	0,06839	766,26	0,0000
<b>Interacciones</b>					
AB	0,07302	6	0,01217	136,36	0,0000
AC	0,04641	3	0,01547	173,32	0,0000
BC	0,06533	2	0,03266	365,99	0,0000
ABC	0,09915	6	0,00165	185,15	0,0000
Residuos	0,00428	48	0,00009		
<b>Total (Corregido)</b>	<b>2,83957</b>	<b>71</b>			

**A-XXXVIII. Resultado de la evaluación fisicoquímica de los granos de cacao fermentado y seco según tratamiento.**

Trat.	Humedad (%)	Ceniza	Grasa (%)	Fibra	Proteína	Carbohidrato (diferencia)	pH	Acidez titulable (Ác. Acético/ 100 g cacao)	Acidez de manteca (Ac. Oleico)
A1-F1-SI	7,30	3,89	54,0	3,80	13,20	17,81	5,31	0,18	1,340
A1-F1-SG	7,23	3,84	55,0	4,00	13,84	16,09	5,24	0,16	1,250
A1-F2-SI	7,13	3,92	54,0	3,82	12,15	18,98	5,32	0,22	1,150
A1-F2-SG	7,20	3,90	54,0	4,02	12,80	18,08	5,28	0,20	1,430
A1-F3-SI	7,23	3,96	51,0	3,84	13,30	20,67	5,46	0,24	1,580
A1-F3-SG	7,36	3,94	53,0	4,05	14,10	17,55	5,42	0,22	1,450
A2-F1-SI	7,10	3,88	52,0	3,85	12,93	20,24	5,41	0,18	1,130
A2-F1-SG	7,16	3,82	51,0	4,10	13,01	20,91	5,39	0,17	1,002
A2-F2-SI	7,03	3,90	51,0	3,84	12,86	21,37	5,38	0,16	0,990
A2-F2-SG	7,06	3,59	53,0	4,08	12,95	19,32	5,35	0,15	0,910
A2-F3-SI	7,00	3,88	51,0	3,86	12,28	21,98	5,45	0,21	1,181
A2-F3-SG	7,10	3,92	52,0	4,07	12,68	20,23	5,41	0,20	1,048
A3-F1-SI	7,33	3,68	52,0	4,02	12,02	20,95	5,56	0,17	1,044
A3-F1-SG	7,10	3,47	49,0	4,05	13,38	23,00	5,53	0,16	0,910
A3-F2-SI	7,31	3,23	50,0	4,04	11,38	24,04	5,41	0,18	0,940
A3-F2-SG	7,23	3,01	51,0	4,05	12,35	22,36	5,35	0,15	0,900
A3-F3-SI	7,23	3,25	52,0	4,03	13,08	20,41	5,61	0,16	1,086
A3-F3-SG	7,13	3,34	49,0	4,06	13,20	23,27	5,56	0,14	0,980
A4-F1-SI	7,06	3,37	54,0	4,09	12,07	19,41	5,93	0,15	0,910
A4-F1-SG	6,99	3,76	52,0	4,10	12,39	20,76	5,97	0,14	0,870
A4-F2-SI	7,06	3,52	51,0	4,11	12,82	21,49	5,88	0,14	0,900
A4-F2-SG	7,13	3,56	51,0	4,10	12,95	21,26	5,90	0,13	0,850
A4-F3-SI	7,06	3,38	53,0	4,12	12,00	20,44	5,80	0,13	1,015
A4-F3-SG	6,99	3,85	51,0	4,15	12,57	21,44	5,83	0,12	0,950

Tiempo de reposo de las mazorcas (A), A1: 0 horas; A2: 24 horas; A3: 48 horas; A4: 72 horas. Frecuencia de remoción de masa (F), F1: 48h +48h+ 48h, F2: 48h + 24h +24h +24h +24h y F3: 24+ 24h +24h +24h +24h + 24h. Tipo de secado; SI: Secado gradual; SI: Secado inmediato.



**A-XXXIX** Análisis de varianza efectuado a la evaluación sensorial de los granos de cacao fermentados y secos.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>S.C.</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc.</b>	<b>Pv.</b>
Efectos principales					
A: Reposo de mazorca	3	23,575	7,858	18,87	0,002
B: Frecuencia de remoción	2	0,631	0,315	0,76	0,509
C: Tipo de secado	1	0,260	0,260	0,63	0,459
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>24,466</b>			