



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>





**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

## **Tesis**

# **Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (*theobroma cacao L.*) Fermentado, en la eficiencia del descascarillado**

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

### **Autor:**

Lizett Kokalli Pichis

<https://orcid.org/0000-0002-5680-7706>

### **Asesor:**

Ing. Ms.Sc. Wilson Ernesto Santander Ruiz

<https://orcid.org/0000-0001-5443-0020>

**Tarapoto, Perú**

**2017**



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

## Tesis

# Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (*theobroma cacao L.*) Fermentado, en la eficiencia del descascarillado

Para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

**Autor:**

Lizett Kokalli Pichis

**Sustentado y aprobado el 22 de junio del 2017 por los jurados:**

---

**Presidente de Jurado**  
Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta  
Taboada

---

**Secretaria de Jurado**  
Ing. M.Sc. Karen Gabriela Documet  
Petriik

---

**Miembro de Jurado**  
Ing. Dr. Euler Navarro Pinedo

---

**Asesor**  
Ing. M.Sc. Wilson Ernesto  
Santander Ruiz

Tarapoto, Perú

2017



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

En la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, en los ambientes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial – Ciudad Universitaria, a las.....19:20.....horas del día Jueves Veintidós de Junio de Dos Mil Diecisiete, se reunió los Miembros del Jurado integrado por:

**Presidente : Ing. Dr. OSCAR WILFREDO MENDIETA TABOADA**  
**Secretaria : Ing. M. Sc. KAREN GABRIELA DOCUMET PETRLIK**  
**Miembro : Ing. Dr. EULER NAVARRO PINEDO**  
**Asesor : Ing. M. Sc. WILSON ERNESTO SANTANDER RUÍZ**

Para evaluar la Tesis: "EFECTO DE CUATRO MÉTODOS DE SECADO DE GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao*) FERMENTADO, EN LA EFICIENCIA DEL DESCASCARILLADO", presentado por la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **LIZETT KOKALLI PICHIS**, los señores Miembros del Jurado, después de haber atendido la sustentación y evaluada las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran.....APROBADO..... por .....UNANIMIDAD..... con el calificativo de.....BUENO....., en fé de lo cual se firmó el presente Acta, siendo las.....20:32..... horas del mismo día, con lo que se dió por terminada el acto de sustentación.

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

.....  
Ing. M. Sc. Karen Gabriela Documet Petrlik  
**SECRETARIA**

.....  
Ing. Dr. Euler Navarro Pinedo  
**MIEMBRO**

.....  
Ing. M. Sc. Wilson Ernesto Santander Ruíz  
**ASESOR**

## Declaratoria de autenticidad

**Lizett Kokalli Pichis**, con DNI N° 46215249, egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (*theobroma cacao l.*) Fermentado, en la eficiencia del descascarillado.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 22 de junio del 2017.



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Lizett Kokalli Pichis'.

---

**Lizett Kokalli Pichis**

DNI N° 46215249

## Ficha de Identificación

<p><b>Título del proyecto</b></p> <p>Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (theobroma cacao L.) Fermentado, en la eficiencia del descascarillado.</p>	<p><b>Área de investigación:</b> Química de No Alimentos  <b>Línea de investigación:</b> Gestión integral y sostenible de los recursos naturales.  <b>Sub línea de investigación:</b> Aprovechamiento de la flora medicinal y aromática de la Región San Martín.  <b>Grupo de investigación:</b>  <b>Tipo de investigación:</b>          Básica <input checked="" type="checkbox"/>, Aplicada <input type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Autora:</b></p> <p>Lizett Kokalli Pichis</p>	<p>Facultad de Ingeniería Agroindustrial          Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial          Unidad o Laboratorio de Química de No Alimentos  <a href="https://orcid.org/0000-0002-5680-7706">https://orcid.org/0000-0002-5680-7706</a></p>
<p><b>Asesor:</b></p> <p>Ing. Dr. Wilson Ernesto Santander Ruiz</p>	<p><b>Dependencia local de soporte:</b>          Facultad de Ingeniería Agroindustrial          Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial          Unidad o Laboratorio de Química de No Alimentos  <a href="https://orcid.org/0000-0001-5443-0020">https://orcid.org/0000-0001-5443-0020</a></p>

## Dedicatoria

A Dios:

Por darme vida, tolerancia y permitirme alcanzar esta meta.

A mi Madre:

Adinelsa De J. Pichis S, por su apoyo incondicional y motivación durante el desarrollo de mi carrera.

A mi queridísimo Padre:

Eber Kokalli Sh, quien ya no está conmigo, pero me sigue guiando desde los cielos, para mi formación como profesional.

En honor a todos mis amigos que han estado allí por mí a través de los altos y bajos de este proyecto de investigación, gracias desde el fondo de mi corazón.

## Agradecimientos

Mi más profundo agradecimiento se extiende a toda mi familia, que me proporcionó un apoyo y orientación incansable durante todo este proyecto de estudio.

Quisiera expresar mi agradecimiento a todos en la Cooperativa Agraria Cacaotera ACOPAGRO Ltda., pero especialmente a Econ. Segundo Gonzalo Ríos Núñez, Gerente General, por darme la oportunidad y la confianza de llevar a cabo la investigación en el terreno de la empresa.

Gracias al personal local y al Sr. David Contreras Mojaras, Jefe de Plantas y Control de Calidad de la Cooperativa Agraria de Cacao ACOPAGRO Ltda., que fueron muy amables y útiles durante la preparación de este trabajo.

Por su orientación a lo largo de la realización de este estudio, le agradezco el Ing. Dr. Wilson Ernesto Santander Ruíz de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín.

A todos en el panel de catering de ACOPAGRO, incluidos mis amigos Enilda Burga Gamonal, Katherine Desiré Fasabi Vásquez, y Darwin Randy Jara Aguilar, estoy muy agradecido.

.

A todos ellos muchas gracias....



## Índice General

Ficha de identificación .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimientos.....	8
Índice general.....	9
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras .....	13
RESUMEN .....	15
ABSTRACT .....	16
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN .....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. Origen del Cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ).....	19
2.1.1. Descripción .....	19
2.1.2. Taxonomía del cacao .....	19
2.1.3. Clasificación taxonómica del cacao.....	19
2.2. Beneficio del cacao .....	20
2.2.1. Cosecha.....	20
2.2.2. Quebra de mazorcas y extracción de almendras.....	20
2.2.3. Fermentación .....	21
2.2.4. Secado.....	21
2.2.4.1. Tipos de Secado de granos de Cacao .....	21
2.2.4.2. Proceso de secado del grano de cacao.....	24
2.2.5. Almacenamiento .....	27
2.3. Control de calidad en los granos de cacao.....	28
2.3.1. Prueba del agua.....	28
2.3.2. Prueba del corte.....	29
2.3.3. Calidad del Cacao.....	30
2.4. Análisis realizados al cacao seco .....	30
2.4.1. Humedad en el secado .....	30
2.4.2. Potencial de hidrogeniones .....	30
2.4.3. Densidad aparente.....	31
2.5. Operaciones unitarias en el cacao seco .....	31
2.5.1. Tostado.....	31
2.5.2. Descascarillado.....	32

CAPÍTULO III.....	33
MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1.  Ámbito y condiciones de la investigación .....	33
3.1.1. Ubicación política .....	33
3.1.2. Ubicación geográfica.....	33
3.1.3. Periodo de ejecución.....	33
3.2.  Sistema de variables .....	34
3.2.1. Variables principales .....	34
3.2.2. Variables secundarias .....	34
3.3.  Procedimientos de la investigación .....	34
3.3.1. Tratamientos de las muestras .....	34
3.3.2. Muestras para secar.....	34
3.3.3. Muestras para el descascarillado .....	35
3.4.  Materiales y Equipos.....	35
3.4.1. Materiales de laboratorio.....	35
3.4.2. Equipos de laboratorio.....	35
3.4.3. Materiales de campo .....	35
3.5.  Metodología experimental .....	36
3.6.  Etapa I. Estudio del secado mediante cuatro métodos de secado.....	37
3.6.1. Evaluaciones en el secado.....	37
3.7.  Etapa II. Eficiencia en el descascarillado.....	41
3.7.1. Tostado.....	41
3.7.2. Triturado.....	41
3.7.3. Descascarillado.....	42
3.7.4. Evaluaciones en el rendimiento del descascarillado.....	42
3.7.5. Evaluación de la eficiencia .....	44
3.8.  Diseño experimental y análisis estadístico.....	45
3.8.1. Análisis de las variables del grano fermentado.....	45
3.8.2. Análisis en el descascarillado.....	45
CAPÍTULO III.....	46
RESULTADOS Y DICUSIONES .....	46
4.1.  Evaluaciones durante el secado.....	46
4.1.1. Porcentaje de humedad medido en los granos de cacao seco.....	48
4.1.2. Humedad en base seca .....	49
4.1.3. pH durante el secado.....	53
4.1.4. Densidad aparente de los granos de cacao durante el secado a temperaturas ambiente.....	59

4.2. Evaluación de la calidad del grano de cacao ( <i>Theobroma Cacao L</i> ) en los cuatro métodos de secado.....	63
4.2.1. Análisis físico (Prueba del corte) .....	64
4.2.2. Índice de semilla .....	65
4.3. Efecto de los métodos de secado de grano de cacao ( <i>Theobroma Cacao L.</i> ), en la eficiencia del descascarillado.....	65
4.3.1. Rendimiento en el proceso de descascarillado.....	65
4.3.1.1. Porcentaje de cacao tostado.....	67
4.3.1.2. Porcentaje de cacao triturado .....	67
4.3.1.3. Porcentaje de cacao descascarillado (Nibs).....	68
4.3.1.4. Porcentaje de cascarilla .....	69
4.3.2. Flujograma porcentual de las operaciones en cada método de secado.....	70
4.3.3. Comparaciones de los tratamientos con el testigo en el proceso de descascarillado.....	72
CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS .....	79

## Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos en el estudio de secado.....	34
Tabla 2. Mediciones de pesos en las operaciones realizadas en el descascarillado...	43
Tabla 3. Variables fisicoquímicas promedios evaluados durante el secado .....	46
Tabla 4. Evaluaciones finales de las variables fisicoquímicas en el secado.....	47
Tabla 5. Comparación de los promedios del porcentaje de humedad final y humedad general, en el proceso de secado .....	51
Tabla 6. Comparación de la Humedad final y general (kg H <sub>2</sub> O/ kg s.s.) en el proceso de secado.....	53
Tabla 7. Comportamiento del pH durante el secado en los métodos aplicados. ....	54
Tabla 8. Comparación de los promedios del pH final y el pH general en el proceso de secado.....	56
Tabla 9. Comportamiento de la densidad aparente durante el secado de granos secos.....	59
Tabla 10. Características físicas promedios en los métodos de secado .....	63
Tabla 11. Pesos medidos durante las operaciones de tostado, triturado y descascarillado por los métodos de secado .....	66
Tabla 12. Porcentaje en las operaciones de tostado, triturado y descascarillado en los métodos de secado.....	66

## Índice de figuras

Figura 1. Partes del grano de cacao .....	20
Figura 2. Secador GrainPro plegable.....	24
Figura 3. Contenido de líquidos en las almendras después de un día de secado .....	25
Figura 4. Contenido de líquidos en los cotiledones al final de 2 días de secado. ....	25
Figura 5. Presencia de líquidos en el interior de los cotiledones.....	26
Figura 6. Presencia de líquido entre el cotiledón y la testa .....	26
Figura 7. Almendras sin la presencia de líquidos.....	27
Figura 8. Almendras al final del secado .....	27
Figura 9. Almacenado del cacao.....	28
Figura 10. Determinación del porcentaje de fermentación con la prueba de agua .....	29
Figura 11. Prueba de corte .....	30
Figura 12. Diagrama fotográfico del tostado de los granos seco.....	31
Figura 13. Representación gráfica de la separación de la cascara del nib.....	32
Figura 14. Ubicación geográfica del campo experimental.....	33
Figura 15. Etapas de estudio .....	36
Figura 16. Cacao secando en el centro de acopio de Pucacaca en los distintos métodos de secado .....	37
Figura 17. Determinador del porcentaje de humedad, de los gramos de cacao (Theobroma cacao) .....	38
Figura 18. Procedimiento de análisis físico del cacao fermentado seco.....	39
Figura 19. Prueba de corte para determinar el porcentaje de fermentación.....	40
Figura 20. Tostador Eléctrico Rotatorio.....	41
Figura 21. Molino de Rodillos .....	42
Figura 22. Descascarilladora .....	42
Figura 23. Procesamiento de las semillas de cacao .....	43
Figura 24. Flujograma de las operaciones al grano seco para llegar al descascarillado a nivel del laboratorio .....	44
Figura 25. Variación del porcentaje de humedad durante el secado.....	48
Figura 26. Comportamiento de la humedad en base seca durante el secado .....	49
Figura 27. Humedad en base seca, ajustada para los métodos de secado en función al tiempo .....	50
Figura 28. Comparación del comportamiento de la humedad de los tratamientos con el testigo .....	52
Figura 29. Humedad en base seca promedio de cada tratamiento .....	53

Figura 30. Comportamiento del pH del grano de cacao durante el secado .....	55
Figura 31. pH promedio del secado por tratamiento .....	57
Figura 32. Comparación del comportamiento del pH en los tratamientos con el testigo.....	58
Figura 33. Comportamiento de la densidad (g/ml) aparente durante el secado .....	60
Figura 34. Comparación del comportamiento de la densidad en los tratamientos con el testigo .....	61
Figura 35. Densidad promedio (g/ml) del proceso de secado en cada tratamiento .....	62
Figura 36. Porcentaje de Fermentación en los métodos de secado.....	64
Figura 37. Índice de grano (gramos / grano de cacao seco) en los métodos de secado.....	65
Figura 38. Porcentaje del peso de tostado en función a los métodos de secado. ....	67
Figura 39. Porcentaje del peso de triturado en función a los métodos de secado. ....	68
Figura 40. Porcentaje del peso de nibs en función a los métodos de secado. ....	69
Figura 41. Porcentaje del peso de cascarilla en función a los métodos de secado. ....	69
Figura 42. Flujo de procesos de la eficiencia de descascarillado en el tratamiento testigo.....	70
Figura 43. Flujo de procesos de la eficiencia de descascarillado en cuatro métodos de secado.....	71
Figura 44. Comparaciones gráficas de la eficiencia de descascarillado de los tratamientos con el testigo .....	72

## RESUMEN

Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.)  
Fermentado, en la eficiencia del descascarillado

En la presente investigación se evaluó el efecto de cuatro métodos de secado, en el distrito de Pucacaca, provincia de Picota, departamento de San Martín; para determinar el mejor método se realizaron análisis en los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) fermentado en dos etapas, la primera durante el secado se analizó la humedad, el pH y la densidad aparente; en la segunda etapa se analizó el grado de fermentación y eficiencia en el descascarillado ; acorde a los métodos oficiales, según las normas técnicas (NTP-ISO-1114:2006, NTP-ISO-2451:2006). Los métodos: marquesina, bandeja corrediza y testigo, arrojaron una humedad final menor a 7%. Al finalizar el secado todos los tratamientos obtuvieron un pH mayor a 5.1. La densidad aparente mostró un alto valor (1.429 g/ml) para el secado con marquesina. En el grado de fermentación ningún tratamiento superó al testigo, pero sí todos estuvieron por encima del 70 % de fermentación. El secado con marquesina mostró el mejor índice de semilla (1.47 gramos/grano de cacao). Y por último el método de bandeja corrediza, conserva mejor la calidad de los granos de cacao fermentado, ya que su eficiencia en el descascarillado, fue una de las mejores (59.9 % de nibs).

**Palabras clave:** Método de secado, *Theobroma cacao*, descascarillado, eficiencia, pH, humedad, densidad

## ABSTRACT

Effect of four methods of drying fermented cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) on the efficiency of shelling

In the present investigation the effect of the four drying methods was evaluated in the district of Pucacaca, province of Picota, department of San Martín; To determine the best method, analyzes were performed on the two-stage fermented cocoa beans (*Theobroma cacao* L.), the first one during drying was analyzed for moisture, pH and bulk density; In the second stage the degree of fermentation and efficiency in husking were analyzed; According to the technical standards (NTP-ISO-1114: 2006, NTP-ISO-2451: 2006). The methods: marquee, sliding tray and control, yielded a final moisture less than 7%. At the end of drying all treatments obtained a pH higher than 5.1. The apparent density showed a high value (1429 g / ml) for drying with canopy. In the degree of fermentation no treatment exceeded the control, but if all were above 70% fermentation. Drying with canopy showed the best seed index (1.47 grams / cacao grain). Finally, the sliding tray method preserves the quality of fermented cocoa beans better, since its peeling efficiency was one of the best (59.9% of nibs).

**Keywords:** Drying method, *Theobroma cacao*, husked, efficiency, pH, moisture, density.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

Durante los últimos cien años, la demanda de cacao ha experimentado un aumento promedio del 3% anual, según la *World Cacao Foundation* (2004). Este incremento en la demanda principalmente proviene de la industria, que utiliza el cacao para la elaboración de diversos productos como chocolate de mesa, bebidas chocolatadas y confitería, entre otros.

El mercado mundial del cacao se clasifica en dos tipos: el cacao corriente y el cacao fino. El primero se utiliza mayormente para la extracción de manteca de cacao, que se emplea en las industrias farmacéutica, alimenticia y cosmetológica, representando el 96% de la producción mundial de cacao. El restante 4% corresponde al cacao fino, utilizado para la elaboración de chocolates de alta calidad, oscuros y gourmet, siendo esta variedad producida principalmente en América. Excepcionalmente, países como Madagascar, Papua Nueva Guinea e Indonesia también producen cacao fino fuera de América (Alcocer et al., 2015).

La calidad del cacao está determinada por factores como el genotipo, el clima, los suelos de cultivo, el manejo de las parcelas y la tecnología utilizada en la post cosecha. De estos factores, el manejo de las parcelas y la tecnología post cosecha son áreas donde se puede ejercer un control directo para mejorar la calidad (Alcocer et al., 2015).

La calidad del chocolate es fundamental en las empresas para conquistar mercados exigentes, por ello requieren materia prima con buenas características organolépticas y desarrollar el proceso de elaboración de chocolate óptimamente.

En la etapa del descascarillado del cacao se presenta un residuo sólido inevitable que es la cascarilla, la cual representa entre el 7% al 10% del total en peso del grano de cacao; la deficiencia en la operación disminuye la calidad del sabor del chocolate debido a que le dá astringencia e incrementa los costos en el descascarillado, requiriéndose mayor tiempo de operación en este proceso.

En el presente estudio se evaluó cuatro métodos de secado y un testigo para identificar y comparar el mejor en cuanto a su eficiencia en el descascarillado.

## Objetivos

### Objetivo General.

Evaluar cuatro métodos de secado de granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) fermentado, que garanticen la eficiencia del descascarillado.

### Objetivos Específicos

- a. Determinar la curva de deshidratación y la curva de pH del grano seco de cacao en los cuatro métodos, durante el tiempo de secado.
- b. Determinar la densidad aparente de los granos de cacao, en los métodos de secado de cacao propuestos.
- c. Evaluar la calidad del grano de cacao en los cuatro métodos de secado.
- d. Determinar el rendimiento del grano de cacao fermentado, empleando los métodos de secado estudiados.
- e. Determinar el mejor método de secado de cacao (marquesina, bandejas, mantas de polipropileno, Grainpro), en función a la mejora de la eficiencia del descascarillado.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Origen del Cacao (*Theobroma cacao* L.)

##### 2.1.1. Descripción

El género *Theobroma*, es nativo de las Américas, se puede encontrar desde México hasta el Perú. La leyenda dice que el cacao se originó en la cuenca amazónica, y hay dos variedades distintas, el Criollos y el Forasteros. Los Criollos tienen su origen en América Central, mientras que los Forasteros son de la región del bajo Amazonas y han evolucionado a partir de ahí (Quiroz, 2002).

##### 2.1.2. Taxonomía del cacao

Hay 22 especies en el género *Theobroma*, que es parte de la familia Sterculiaceae. Curiosamente, 17 de estas especies se encuentran en América del Sur, la región con la mayor diversidad. “Esto sugiere que Sudamérica puede haber sido el lugar de genesis y diversificación para el género, aunque algunos han sido cultivados, taxonómicamente hablando, sólo *Theobroma cacao* L. ha recibido amplia atención” (Rondón et al., 2005). “Centroamérica es el hogar de la mayor distribución geográfica de esta especie. *Theobroma cacao* L. es la más famosa de las 22 especies mencionadas debido a su importancia económica en la fabricación de chocolate y otros productos hechos de él” (Rondón et al., 2005).

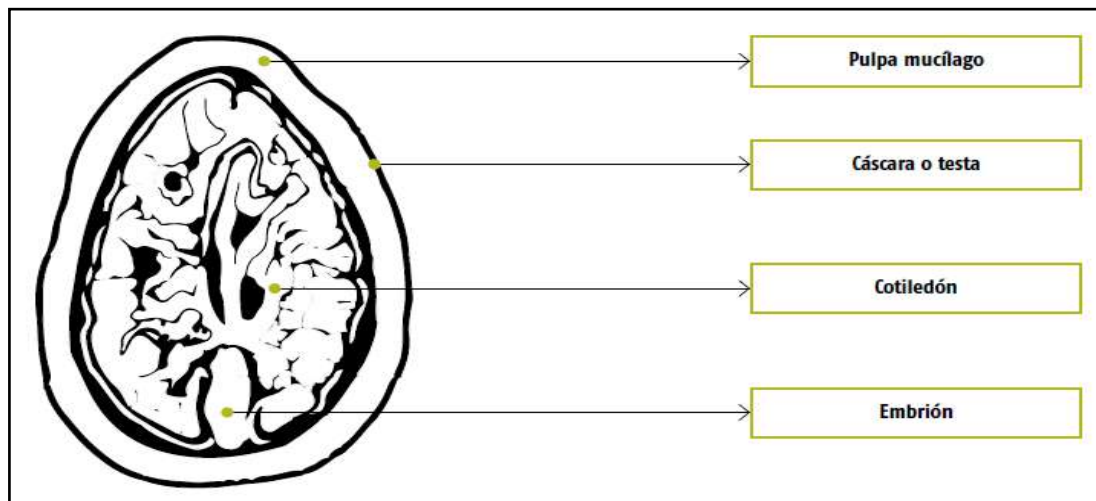
##### 2.1.3. Clasificación taxonómica del cacao

Este es el arreglo taxonómico que Dostert et al. (2011) utilizaron para clasificar las especies de cacao:

<b>Reino</b>	: Plantae (plantas)
<b>Subreino</b>	: Tracheobionta (plantas vasculares)
<b>División</b>	: Fanerógamas.
<b>Clase</b>	: Angiospermas.
<b>Subclase</b>	: Dicotiledónea.
<b>Orden</b>	: Malvales.
<b>Familia</b>	: Sterculioideae.
<b>Género</b>	: <i>Theobroma</i> .
<b>Especie</b>	: <i>Theobroma cacao</i> L.

## 2.2. Beneficio del cacao

De acuerdo con Vivas & Reyes (1972), sostienen que el beneficio del cacao abarca todas las acciones realizadas al grano después de la cosecha. No obstante, esto también engloba las labores de cosecha, ya que estas influyen significativamente en la calidad final de las almendras o granos. La figura 1 ilustra las distintas partes del grano de cacao.



**Figura 1**

Partes del grano de cacao

Fuente: Alcocer & Sandy, (2015)

### 2.2.1. Cosecha

“El momento óptimo para recolectar las mazorcas es cuando han alcanzado su madurez, sin embargo, en el momento de la recolección, no todas se encuentran en ese estado, y se recolectan también las mazorcas que recién comienzan su maduración (pintonas)” (Acebey et al., 2002).

### 2.2.2. Quiebra de mazorcas y extracción de almendras

Separar las mazorcas sanas de las que han sido afectadas por enfermedades o plagas es esencial antes de comenzar a cortarlas para que pueda obtener los beneficios de sólo las frutas sanas sin sacrificar su calidad.

El proceso de quiebra de mazorcas implica romperlas abiertas y quitar las almendras; esto puede hacerse a mano o con el uso de paletas de madera o bambú especialmente modificadas. Contenedores como cajas de madera, cajones o bolsas de plástico se utilizan para transportar las semillas a la cámara de fermentación. Deberías hacer todo lo posible para mantener los granos y la masa lejos de los metales. “Poner las almendras

en las fermentadoras ahora mismo si quieres disfrutar de las mazorcas mientras están todavía en el proceso de beneficiarse” (Acebey et al., 2002).

### **2.2.3. Fermentación**

Importante desde el punto de vista bioquímico para la calidad de los granos, este paso implica cubrir recipientes o montones de granos recién granulados de tamaño adecuado para crear un entorno semi-cerrado. En el proceso de la eliminación del mucílago azucarado, el embrión muere dentro de la almendra, los cotiledones sufren un cambio, y se forman los componentes que dan al cacao su aroma y sabor particular. Las almendras no fermentadas se utilizan mejor en la mantequilla debido a su intensa amargura y astringencia; no tienen ningún sabor ni olor (Cros et al., 1994).

### **2.2.4. Secado**

Después de que el proceso de fermentación se haya completado, las almendras tendrán un contenido de humedad de alrededor del 50 a 56 por ciento. Para secarlos y evitar el crecimiento de mohos (hongos), este contenido de humedad debe reducirse a entre el 7 y el 8 por ciento. Las almendras se vuelven frágiles a niveles de humedad inferiores al 6%, pero son más propensas a ser atacadas por hongos que generan micotoxinas dañinas (ocratoxina) si no se secan al grado requerido (Jiménez, 2000).

Además, los tonos cambian, tomando el tono oscuro (café) característico con chocolate fermentado y bien secado. El cacao se vuelve más ácido cuando se expone a aire muy caliente y rápido porque sólo la capa exterior del grano se seca, creando una corteza dura que bloquea la fuga del ácido acético. Esto es según Ramos (2004).

#### **2.2.4.1. Tipos de Secado de granos de Cacao**

##### **a) Secado natural**

La deshidratación ocurre naturalmente cuando el viento crea aire seco y los rayos del sol o la propia capacidad de secado del aire proporcionan la energía para evaporar el vapor de agua. A menudo se utilizan espacios de secado al aire libre o secadores básicos que aprovechan la energía del sol y el viento para acelerar este proceso. Debido a las condiciones climáticas que hacen su aplicación barata y la falta de acceso a la tecnología más moderna, este método es a menudo utilizado por los agricultores de las naciones subdesarrolladas. Sin embargo, algunos productores en las zonas rurales carecen de los medios financieros para adoptar tecnologías más avanzadas (Liendo, 2005).

### **b) Secado en patios**

El patio es una superficie plana y soleada construida con ladrillos, hormigón o tierra compactada. Si se utiliza ladrillo, se recubre con una mezcla de cemento y arena, y se erige un pequeño muro de 10 centímetros en sus bordes. Es crucial que el piso tenga una ligera inclinación mínima del 1,5% para permitir que el agua de lluvia se deslice. Para secar granos en los patios, se esparce el producto en capas delgadas, generalmente menos de 10 centímetros de espesor, y se deja secar naturalmente mediante la acción del viento y la energía solar que incide en la superficie de los granos. Para asegurar un secado uniforme, es necesario remover el producto con frecuencia. Los patios son ampliamente utilizados para este propósito debido a su construcción y operación simples, su bajo costo inicial y su capacidad para secar una variedad de tipos de granos (Liendo, 2005).

### **c) Secado artificial**

Para el secado artificial de granos existen dos métodos: 1. emplea altas temperaturas (entre 45°C y 120°C, o más en algunos casos). 2. emplea bajas temperaturas, el secado artificial con altas temperaturas es más rápido; sin embargo, la eficiencia energética es menor (CATIE-FHIA, 1989).

Los sistemas diseñados para el secado artificial de granos comprenden un ventilador que moviliza el aire, obligándolo a pasar a través de la masa de granos, una cámara destinada a contener los granos y un quemador que incrementa la temperatura del aire utilizado en el proceso de secado. En el caso de secado en flujos continuos, se necesitan equipos especiales para cargar los granos húmedos en los secadores y para descargarlos una vez que estén secos. Por otro lado, en los secadores estacionarios o por lotes, los granos se extraen después de haber sido secados y enfriados (CATIE-FHIA, 1989).

### **d) Secado en Marquesina**

Estas estructuras proporcionan la cantidad correcta de calor para asegurar el secado regular de los granos; están hechas de plástico de invernadero transparente y respaldadas por un marco de madera sólida. El secado suele durar unos 10 días en verano y más de 15 días en invierno (Rodríguez, 2006).

La capacidad de cada secador es de 10 quintales de grano seco, y su huella es 10 por 5 metros. Un corredor central facilita el acceso y el manejo de las cinco bandejas de madera que transportan un quintal de cacao seco cada una; estas bandejas se encuentran en ambos lados del túnel de secado (Rodríguez, 2006).

### **e) Secador tipo bandeja**

La simplicidad de su construcción y su utilidad para la fermentación son dos ventajas del secado en platos. El hecho de que solo sea de verano es una de sus desventajas. Mantener los granos en una capa de 2 pulgadas de espesor se asegurará de que se secan completamente. Varias bandejas se pueden doblar con rayas, y una cubierta fija o móvil puede protegerlas. Un edificio con una cámara de fermentación y un área para quitar o mantener el movimiento de las bandejas de madera o carros según sea necesario para secarse en el sol o en la lluvia es un diseño conveniente (Rodríguez, 2006).

### **f) Coberturas de polipropileno para secar**

En nuestro entorno natural, el secado solar es la forma más popular y habitual. Nunca deje que se seque sobre calaminas o en la suciedad, ya que esto expone el grano a contaminantes y disminuye su calidad (animales, polvo, etc.). Durante los dos primeros días, desea que su capa de almendras sea de 5 cm de espesor para que se seque uniformemente y gradualmente. Este proceso reduce el contenido de humedad del grano en un 60%, lo que lo reduce a un nivel final de 7-8%, lo cual es ideal para la comercialización (Ministerio de Agricultura, 2004).

### **e) Secador GrainPro plegable**

El secador plegable GrainPro caso - II (CDC II: Collapsible Dryer Case II™), puede secar una variedad de productos agrícolas de una manera asequible, eficiente y agradable. La forma más fácil y más rentable de secar, emplea energía solar, por lo que no hay necesidad de combustible o energía. Además, permite el secado de granos en casi cualquier superficie plana.

CDC II en español “Secador de caja plegable o Estuche desmontable caso –II”, Fabricado de tela revestida de polietileno (PE), que es dos veces más robusta que la tela normal y dos veces menos ligera que el PVC reforzado, CDC II es simple de fijar, mantener y transportar. La bomba recta y tubo hinchado que actúa como una pared de contención hacen que sea fácil de configurar y funcionar.

Las cintas de tracción se pueden fijar rápidamente en el CDC II en caso de lluvia o en la noche. El agua está protegida de la humedad por la tapa, lo que la convierte en una pila sólida. No hay gastos operacionales adicionales y bajas pérdidas debido a la disminución del derramamiento cuando se utiliza el CDC II para las materias primas agrícolas secas.



**Figura 2**

Secador GrainPro plegable

Fuente: Grainpro, INC - Storing in future (2013).

#### 2.2.4.2. Proceso de secado del grano de cacao.

El secado natural, según Plano (1947), implica la capación de 3–6 cm de masa de cacao en los secadores y la rotación de los granos con un rascado cada media hora. Con temperaturas medias de 28–30oC y 6 horas de exposición al sol, el producto se secará en cuatro días.

Según Barros (1970), al secar la masa de cacao, es mejor colocarla en capas de 10 a 12 cm el primer día. Si el tiempo es húmedo, reducir el espesor de la capa a 5 a 7 cm. Si el sol es muy fuerte, el cacao sólo debe estar expuesto a las almendras durante dos horas el segundo día. Después, cuatro horas. A partir del tercer día, esparcen las almendras en capas muy delgadas y las retiran con frecuencia para acelerar el proceso de secado.

Las tiendas de caña o madera, según Jiménez (2000), son ideales para el secado natural ya que regulan bien la temperatura. El cacao fermentado debe ser esparcido en una capa gruesa de hasta 4 cm en el primer día, y luego bajar hasta una capa de 1 cm en un segundo día para obtener la humedad ideal para el almacenamiento.

##### a. El primer día de secado

Con el fin de eliminar los ácidos restantes de las almendras que no fueron fermentadas, el primer día se secan, se colocan en capas de hasta 5 cm de profundidad. Este proceso de secado gradual ayuda a eliminar estos ácidos. “La cantidad de tiempo que las almendras necesitan para secar en el sol depende de la intensidad del sol en ese día,



pero no deben pasar más de dos horas, y debe retirarlas del sol no menos de dos veces” (Jiménez, 2000).

Al final del primer día de secado, hay muchas sustancias líquidas en el interior de la almendra, que son de color rojo por la exudación de los cotiledones debido al calor y la oxidación de polifenoles. En el exterior, hay una pequeña cantidad de mucillaje, que es una sustancia ligera de color rojo-café que mantiene las almendras húmedas y les permite pasar a través de la concha; sin embargo, esta mucillaje desaparece gradualmente a medida que continúa el proceso de secado (Jiménez, 2000). Después de un día de secado, la cantidad de humedad en las almendras se muestra en la Fig. 3.



**Figura 3**

Contenido de líquidos en las almendras después de un día de secado

Fuente: Jiménez, (2000).

#### **b. Segundo día de secado**

El segundo día las almendras fueron expuestas al sol por un periodo más prolongado hasta 4 horas, en capas más finas 4cm. de igual manera las remociones fueron importante para homogenizar el proceso de secado (Barros, 1970).

Cuando se corta una almendra después de dos días de secado, se verá que el interior tiene un tono más profundo, hay menos ácido líquido, la concha es menos porosa a la humedad, y el color se ha vuelto un marrón rojo profundo (Barros, 1970). El contenido líquido de los cotyledons después de dos días de secado se muestra en la Figura 4.



**Figura 4**

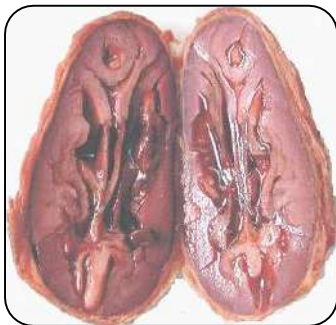
Contenido de líquidos en los cotiledones al final de 2 días de secado.

Fuente: Jiménez, (2000)

### c. Tercer día de secado

En esta ocasión, el grosor de la capa descendió a 3 cm a medida que continuaba el proceso de secado de las almendras, aumentando las horas de exposición al sol.

Después de tres días de secado, había menos sustancias líquidas en el interior de las almendras. Estos líquidos se encontraban entre la cáscara y el cotiledón, lo que mantenía húmedo el cotiledón. La cáscara tenía una calidad ligeramente permeable, prácticamente sin mucílago a su alrededor, y un menor contenido de humedad. Su color era marrón oscuro (Llano, 1947). Hay líquidos dentro de los cotiledones, como se ve en la figura 5.



**Figura 5**

Presencia de líquidos en el interior de los cotiledones

Fuente: Jiménez, (2000)

### d. Cuarto día de secado

“El cuarto día de secado las almendras se colocan en las gavetas en capas de 2 cm. y el periodo de secado fue más prolongado, 6 horas, de igual manera se realizaron las remociones de las almendras al menos cuatro veces” (Jiménez, 2000).

Al cuarto día, el exterior de los granos de cacao se había endurecido, lo que sugería que el secado había terminado; sin embargo, en el interior, el cotiledón seguía húmedo, conteniendo entre un 12 y un 15% de humedad, y había restos de líquidos en el espacio intersticial entre ambos, que habían mojado todo el grano durante la noche (Jiménez, 2000). Hay líquidos entre el cotiledón y el tegumento, como se ve en la Figura 6.



**Figura 6**

Presencia de líquido entre el cotiledón y la testa

Fuente: Jiménez, (2000)

### e. Quinto día de secado

Tras cinco días de secado, los granos se apilaron en una capa de 1 cm de altura y se retiraron cuatro veces durante las ocho horas de luz. “Al final del día, las almendras se habían solidificado considerablemente; cualquier líquido restante se había evaporado y la cáscara había adquirido un tono más profundo y rico” (Barros, 1970). Almendras mostradas en la figura 7 sin ningún líquido añadido.



**Figura 7**

Almendras sin la presencia de líquidos

Fuente: Jiménez, (2000).

### f. Sexto día de secado

Del mismo modo, las almendras se colocan en capas de dos centímetros de grosor y se exponen a la luz solar durante ocho horas. “Las almendras se remueven un mínimo de cuatro veces. Al final del día, las almendras estaban secas y su cáscara era lo suficientemente firme como para romperse como una galleta al apretarla entre los dedos” (Llano, 1947). El estado final de secado de almendras se observa en la figura 8.



**Figura 8**

Almendras al final del secado

Fuente: Jiménez, (2000)

### 2.2.5. Almacenamiento

Es la etapa final del beneficio, Las almendras de cacao son muy sensibles a la humedad y a los olores si no se acopian debidamente. Para conservar su calidad, es importante guardar los granos secos en sacos de yute y conservarlos en lugares seguros, secos, de colores claros y bien aireados. Es crucial evitar almacenarlos cerca de áreas con

olores penetrantes, como corrales o cocinas, ya que el cacao puede absorber estos olores fácilmente (Ramos et al., 2000).

El cacao guardado en regiones tropicales está expuesto a sufrir ataques de mohos o insectos si no se emplean las previsiones necesarias. Además, si se acopia durante mucho tiempo en ambientes húmedos, alcanza a experimentar un aumento en los niveles de ácidos grasos libres, lo que origina una disminución en su calidad. Es crucial recordar que el cacao, al ser altamente higroscópico, absorbe la humedad del aire cuando se almacena en ambientes húmedos hasta conseguir un equilibrio (Ramos et al., 2000). En la figura 9 se observa el almacenado del cacao.



**Figura 9**

Almacenado del cacao

Fuente: Ramos & Azócar, (2000)

## 2.3. Control de calidad en los granos de cacao.

### 2.3.1. Prueba del agua

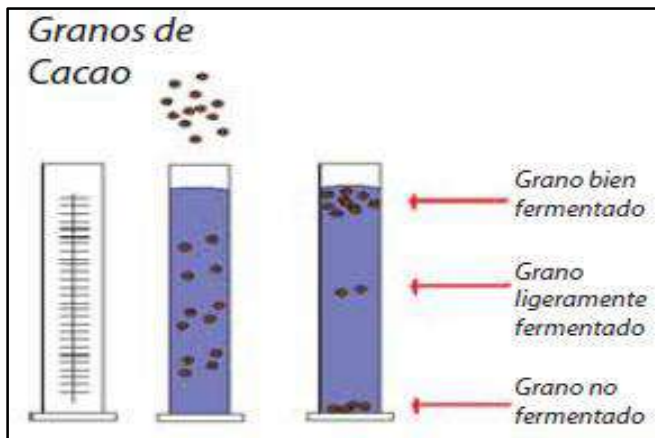
Para ejecutar este trabajo, se requieren 100 granos de muestra que se añaden en una probeta llena de agua, posteriormente se procede a contabilizar cuántos granos quedan flotando (Gutierrez, 2007).

$$\% F = \frac{(Nf) \times 100}{100 \text{ granos}}$$

Donde:

%F: Grado de fermentación en %

Nf: Número de Granos que flotan en probeta.



**Figura 10**

Determinación del porcentaje de fermentación con la prueba de agua

Fuente: Gutierrez, (2007)

### 2.3.2. Prueba del corte

Según, Alcocer y Sandy (2015), la clasificación del cacao en los países productores se basa en un método de evaluación visual denominado prueba de corte para determinar la calidad. La prueba de corte consiste en cortar 100 granos de cacao seco a lo largo, con el objetivo de mostrar el interior del grano que contiene principalmente la parte central de los cotiledones. Luego, se examinan uno por uno para calcular el porcentaje de granos en diferentes categorías. Al mismo tiempo, si es necesario evaluar el nivel de fermentación, se aumentan tres categorías más al análisis.

1. El primer tipo consiste en granos oscuros, totalmente fermentados, que se separarán cuando el grano esté completamente seco; estos granos también presentarán estrías procedentes de los cotiledones muy fermentados.
2. Los granos parcialmente fermentados se etiquetan como parcialmente marrones o parcialmente morados si tienen una tonalidad azul o morada.
3. En esta categorización, los granos con un nivel de fermentación más bajo se ven como si tuvieran un color más grisáceo. Esto se debe a que las células pigmentadas no han liberado sus componentes y no se han producido más cambios químicos relacionados con la fermentación.
4. Dado que nunca hay dos fermentaciones iguales y que el exceso de fermentación de las judías disminuye su sabor e intensidad, el punto óptimo para la fermentación se sitúa entre el 70 y el 80% de judías completamente fermentadas y entre el 20 y el 30% de judías parcialmente marrones y parcialmente moradas (Alcocer et al., 2015). La prueba de corte se muestra en la figura 11.



**Figura 11**

Prueba de corte

Fuente: Ramos & Azócar, (2000)

### **2.3.3. Calidad del Cacao**

El aspecto exterior del grano es el principal determinante de la calidad física, según Sánchez (2007), sin embargo esto no siempre se corresponde con el agradable aroma y sabor del chocolate. La calidad del grano de cacao está relacionada con su aspecto, grado de fermentación, porcentaje de humedad, materias extrañas, hongos, insectos, etc., según Enríquez (1995) y Pastorelly (1992).

Existe un requisito de peso mínimo de 1,2 g por grano de cacao para fines comerciales, como lo demuestran Enríquez y Soria (1967) y Moreira (1994). Dado que este índice está influenciado tanto por factores ambientales como por la composición genética de los progenitores, Quiroz (2002) señala que es más pesado en verano cuando se habla del índice de almendra o semilla.

## **2.4. Análisis realizados al cacao seco**

### **2.4.1. Humedad en el secado**

Una forma de medir la humedad de los alimentos es observar cuánta agua contienen. En el campo de la ciencia y el procesado de alimentos, su determinación es uno de los análisis más cruciales. Debido a la relación inversa entre el contenido de agua y la cantidad de materia seca de los alimentos, la humedad siempre ha sido un factor importante en las circunstancias económicas de cualquier actividad. “Diversas técnicas analíticas se basan en el contenido de humedad de la muestra, y conocer éste, es necesario para determinar el valor nutritivo de los alimentos, diseñar u optimizar los procesos de producción de productos, y por otras razones” (Pomeranz et al., 1971).

### **2.4.2. Potencial de hidrogeniones**

Al investigar el suelo, una característica crucial es la acumulación de iones de hidrógeno. La concentración de iones hidrógeno en el suelo puede medirse utilizando la escala de

pH, para cuantificar el pH se utiliza la escala logarítmica, que es el logaritmo negativo de la concentración moles/L de iones hidrógeno en la solución del suelo ( $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ) (Santibañez, s.f.).

### 2.4.3. Densidad aparente

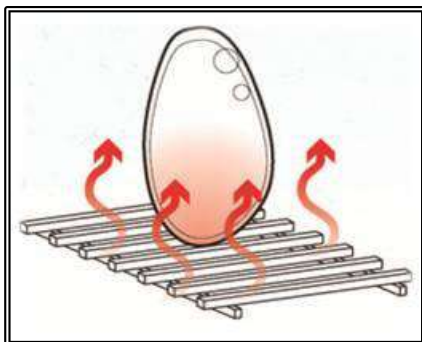
La densidad de un producto es su relación masa/volumen. La densidad aparente, que mide la densidad de un solo grano, y la densidad aparente son dos formas distintas de densidad en granos. “La densidad aparente de un producto es su masa dividida por su volumen, que incluye los huecos entre los componentes individuales, así como sus espacios intersticiales. La densidad aparente es otra forma de denominarla” (Rojas, 2010).

La densidad aparente de una sustancia es su masa por unidad de volumen (vacíos excluidos) dividida por el volumen que ocupa realmente el material. A la hora de controlar la calidad, evaluar, calcular y diseñar sistemas de transporte, limpieza y clasificación, así como de estudiar los flujos de masa y calor a través de los granos, la densidad aparente es un elemento crucial. Los sistemas de almacenamiento, envasado, deshidratación y transporte de mercancías dependen de la densidad aparente (Walther, 1977).

## 2.5. Operaciones unitarias en el cacao seco

### 2.5.1. Tostado

La cáscara se desprende más fácilmente al tostar el cacao. Además, allana el camino para que los precursores del sabor formados por la fermentación, como azúcares y aminoácidos, se mezclen, dando lugar a los aromas y sabores característicos del sabor a chocolate. Estas notas pueden ser desde florales a afrutadas o a nuez, dependiendo de la variedad de cacao (Amores, 2004). En la figura 12 se muestra la representación fotogramétrica del proceso de tostado de los granos secos.



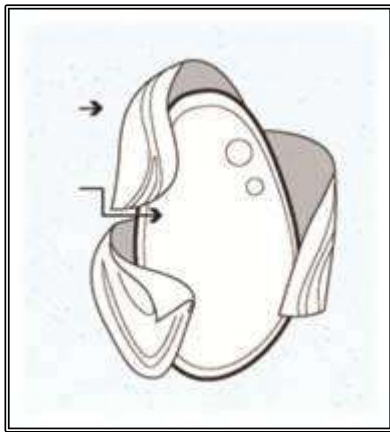
**Figura 12**

Diagrama fotogramétrico del tostado de los granos seco

Fuente: Plúa, (2008)

### 2.5.2. Descascarillado

La cáscara del grano de cacao crudo, fuertemente adherida, se separa del grano tras el tostado, lo que facilita el proceso de descascarillado. De ello se encarga el equipo rompedor. El cacao triturado y las cáscaras se hacen pasar por una serie de tamices de distintos diámetros. “Las cáscaras, de forma irregular y peso específico reducido, son arrastradas por la corriente de aire, que extrae el cacao de las cáscaras. El cacao triturado al que no se le ha quitado la cáscara se denomina Nib” (Plúa, 2008). El proceso de separación de las cáscaras del nib se muestra gráficamente en la Figura 13.



**Figura 13**

Representación gráfica de la separación de la cascara del nib

Fuente: Plúa, (2008)



## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. **Ámbito y condiciones de la investigación**

#### 3.1.1. **Ubicación política**

La investigación se realizó en dos localidades: la primera, en el laboratorio de Control de Calidad de la cooperativa ACOPAGRO Ltda. a 283 m.s.n.m. en Juanjuí, provincia de Mariscal Cáceres, y la segunda, en el distrito de Pucacaca en la provincia de Picota. Los lugares fueron elegidos en base a su productividad y calidad organoléptica.

#### 3.1.2. **Ubicación geográfica**



**Figura 14**  
Ubicación geográfica del campo experimental  
Fuente: Elaboración propia

#### 3.1.3. **Periodo de ejecución**

Cronograma de actividades realizadas en el estudio del secado de grano de cacao (*theobroma cacao*) fermentado para mejorar la eficiencia del descascarillado.

ACTIVIDADES	MESES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Revisión de Literatura	XX	XX	XX	XX	XX			
Elaboración del proyecto y aprobación	XX	XX						
Estudio del Secado mediante los métodos.		XXXX	XXXX	XX				
Eficiencia del Descascarillado				XX	X			
Procesamiento de datos					XX	XX		
Análisis de los resultados						XX	XX	
Correcciones e imprevistos						XX	XX	
Elaboración de informe de tesis							XXX	
Presentación y sustentación								X

X =Una semana

### 3.2. Sistema de variables

#### 3.2.1. Variables principales

g. Tiempo de secado

h. Métodos de secado de cacao

#### 3.2.2. Variables secundarias

Se evaluó el pH, método 11.032 (AOAC, 1997), Densidad aparente (Mora, 1997; Giambastiani y Rubiolo, 2002;), Curva de secado a temperatura ambiente (Tinoco & Ospina, 2010; Larios et al. 2004) y el rendimiento de cacao fermentado (Gutiérrez, 2007).

### 3.3. Procedimientos de la investigación

#### 3.3.1. Tratamientos de las muestras

El tratamiento de las muestras fue desarrollado con la colaboración del director de acopio de ACOPAGRO, teniendo en cuenta la búsqueda de mejoras en la productividad y calidad organoléptica en el centro d acopio de Pucacaca, en los distintos tipos de secado existentes en esta zona.

#### 3.3.2. Muestras para secar

Las muestras fueron granos de cacao fermentados en los cajones del centro de acopio de Pucacaca, listos para secar, utilizando los diferentes métodos para obtener resultados del comportamiento de humedad, pH y densidad.

**Tabla 1**

*Tratamientos en el estudio de secado*

Método	Días de secado	Horas de muestreo
Marquesina		
Bandeja corrediza		
Manta	1,2,3,4,5,6 y 7	0,4ta,8va y 12va hora
Grainpro		
Testigo (Tradicional)		

Fuente: Elaboración propia

### **3.3.3. Muestras para el descascarillado**

Las muestras fueron granos de cacao secos, en los métodos descritos en la tabla 1. Estas muestras pasaron por diversas operaciones hasta obtener una determinada cantidad de nibs y cascarilla, que nos permitió analizar la eficiencia del descascarillado con relación a los métodos de secado.

## **3.4. Materiales y Equipos.**

### **3.4.1. Materiales de laboratorio.**

- a. Vasos de precipitación de 50 ml, 100 ml.
- b. Papel filtro (WHATMAN Nro. 40 de 125 mm de diám.).
- c. Embudos de Plástico.
- d. Papel toalla.
- e. Guantes de Látex.
- f. Pinzas de metal.
- g. Probetas (100 y 1000 ml)

### **3.4.2. Equipos de laboratorio.**

- a. Balanza analítica SARTORIUS BL210S, 210 g de capacidad
- b. Sunbeam Digital Electronic modelo SP5, balanza de precisión de 100 gramos de capacidad.
- c. Un molinillo de café de 85 gramos de capacidad, marca BOSCH, modelo MKM6000, con una potencia de 180W. Determinador de humedad, marca Radwag Wagi Elektroniczne, modelo PMC 50.
- d. pH metro digital -1.0 – 15, marca WATERPROOF pH Testr 20.
- e. Tostador rotatorio, modelo SWISSMAR, marca ALPENROST.
- f. Estufa modelo ODGH-9076, marca TOMOS
- g. Homogeneizador, modelo: 3040-01, marca BODUM.
- h. Descascarilladora, marca CATADOR WINNOWER, modelo CC-1.
- i. Trituradora de cacao

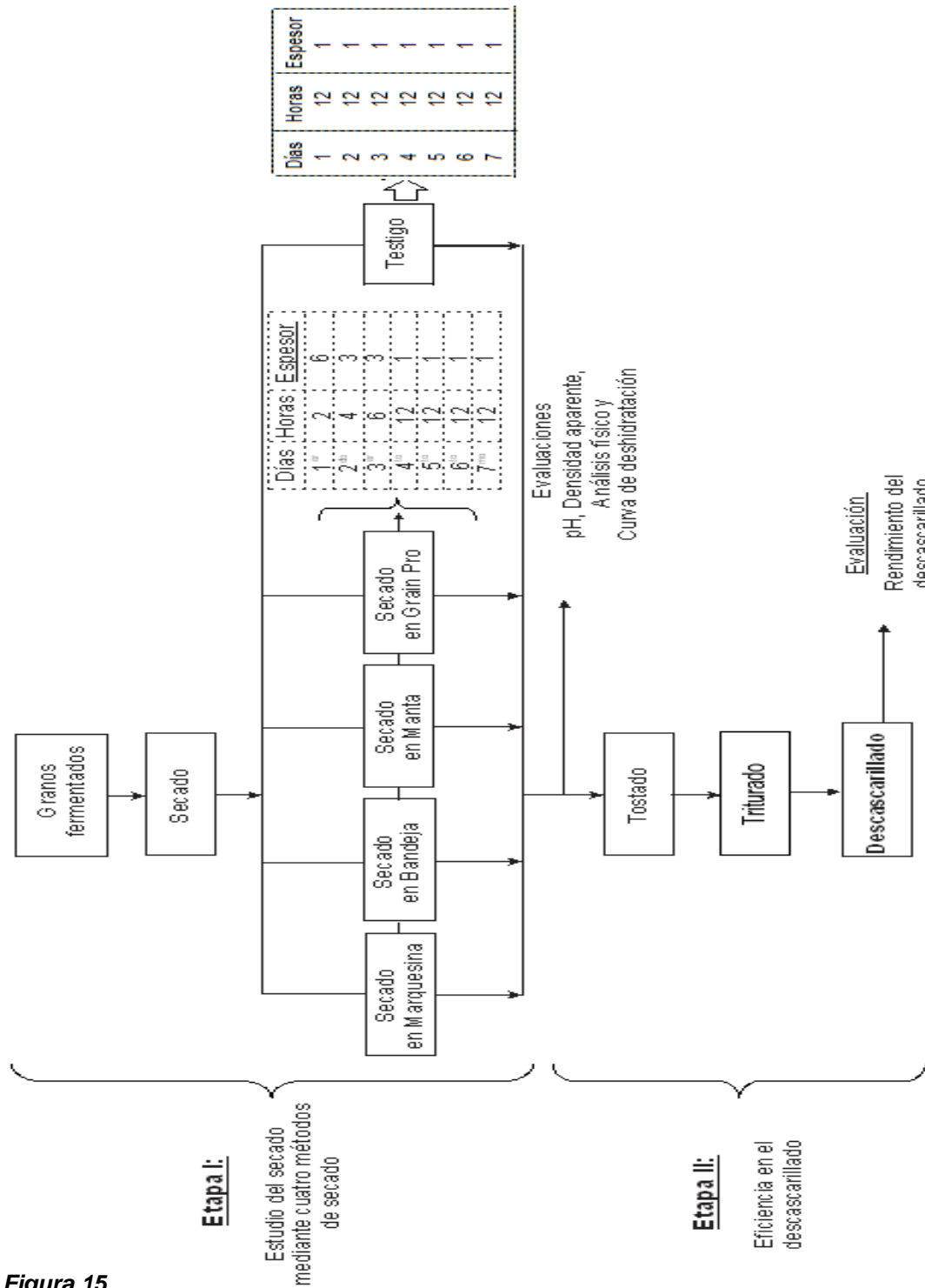
### **3.4.3. Materiales de campo**

- a. Cuaderno de apuntes.
- b. Mochila.
- c. Tijera de podar o cosechadoras.
- d. Balanza de precisión.
- e. Rastrillo de remoción.
- f. Mallas.
- g. Sacos de polietileno.
- h. Mantas de polipropileno.

- i. Plumón Marcador
- j. Lapicero, regla.
- k. Cámara fotográfica.

### 3.5. Metodología experimental

El estudio se realizó en dos etapas de acuerdo al diagrama de flujo presentado en la figura 15.



**Figura 15**  
Etapas de estudio

### 3.6. Etapa I. Estudio del secado mediante cuatro métodos de secado

El secado de cacao se realizó en cuatro métodos de secado: (mantas de polipropileno, en bandejas corredizas, en marquesinas y en GrainPro) con una cantidad de 120 kg de almendras de cacao fermentadas; exponiendo al sol: el primer día, por dos horas en capas de 6 cm de espesor; el segundo día, por cuatro horas en capas de 3 cm de espesor, el tercer día por seis horas en capas de 3 cm de espesor, del cuarto al séptimo día se expuso al sol desde la mañana hasta el atardecer en capas de 1 cm de espesor (INIAP, 2009); tomando las muestras para las respectivas evaluaciones cada cuatro horas (Guerrero, 2007).

En cada método, la superficie de remoción fue aplicada con un rastrillo de madera, instrumento comúnmente usado en la zona de acopio de granos secos. En el transcurso del secado, los granos fueron movidos con distintas frecuencias en los tres primeros días, manteniendo constante el grosor en cada tratamiento.

El método testigo o tradicional de secado se realizó en mantas con una remoción diaria, cuyo espesor para el secado de los granos es aproximadamente 1 cm.



**Figura 16**

Cacao secando en el centro de acopio de Pucacaca en los distintos métodos de secado

Fuente: Elaboración propia

#### 3.6.1. Evaluaciones en el secado

##### 3.6.1.1. *Determinación de la humedad en el secado*

Se tomó una muestra de 3 g de cacao molido (cotiledón), libre de impurezas, con una humedad inicial desconocida, luego se le colocó en una bandeja metálica y se le llevó al determinador de humedad de marca Radwag Wagi Elektroniczne, previamente acondicionada a una temperatura establecida 160 C°, se verificó en 10 minutos el % de

humedad final del cacao. En la figura 17 se observa el determinador del porcentaje de humedad de los gramos de cacao.



**Figura 17**

Determinador del porcentaje de humedad, de los gramos de cacao (*Theobroma cacao*)

Fuente: ACOPAGRO, (2015)

“La humedad final de las muestras fue determinada según el tiempo de secado en el determinador eléctrico de humedad a 160°C. Para obtener la curva básica de secado se calcula la humedad en base seca según la siguiente ecuación” (Martínez, et al., 2010),

$$Y_t = \frac{P_t}{100 - P_t}$$

Donde:

$Y_t$  : Humedad en base seca ( $Kg H_2O/Kg$  materia seca), para el tiempo ( $t$ ).

$P_t$  : Porcentaje (%) de muestra molida (b.h) de cacao en el tiempo ( $t$ ).

Con los datos de tiempo ( $t$ ) y humedad en base seca ( $Y_t$ ).

### **3.6.1.2. Determinación de pH**

Se utilizó el método 970.21 (AOAC, Association of Official Analytical Chemists, 2000), que consistió en separar la testa del cotiledón, luego el cotiledón fue molido usando un triturador eléctrico, para la preparación de una solución, posteriormente se pesó 10 g de muestra en un vaso de precipitado de 100 ml y se añadió 90 ml de agua destilada (hervida o tibia) agitándola lentamente, se procedió a filtrar teniendo una solución libre de grumos; después se enfrió la muestra a 20 - 25°C y se determinó inmediatamente el pH, usando el pH-metro con tampones de pH 7,0 a 4,0.

### **3.6.1.3. Determinación de la densidad aparente**

Se determinó por el desplazamiento de volumen, sumergiendo 100 gramos de cacao, en una probeta de 1000 ml, llena de semillas muy pequeñas (por ej.: kiwicha) - volumen

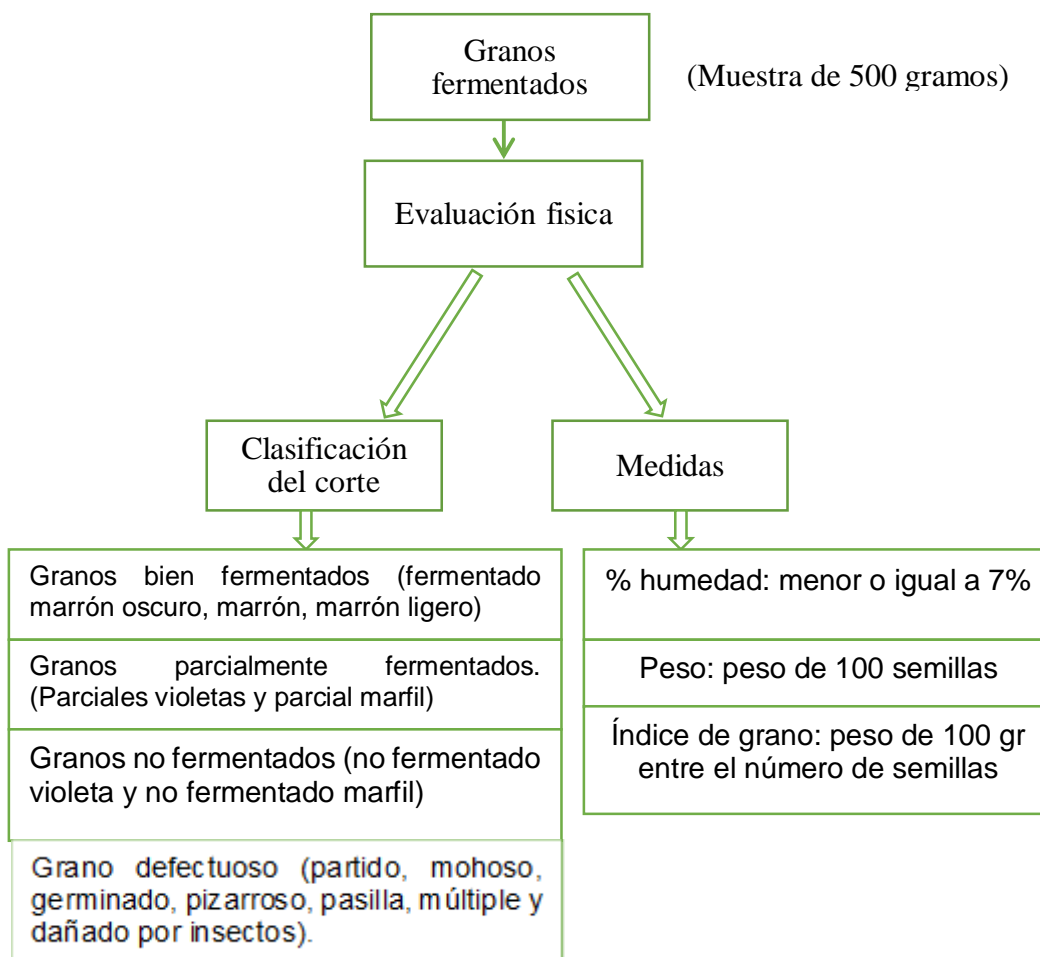
inicial - el incremento de volumen en la probeta (V) equivale al de la muestra del grano de cacao, por lo tanto

$$\delta = m/V.$$

No se tiene en cuenta el volumen del aire ubicado entre los granos o las semillas, de allí el nombre de densidad aparente o bruta. Rojas (2010).

#### 3.6.1.4. **Evaluación de la calidad física de los granos fermentados y secos (Método de corte)**

La evaluación física siguió la secuencia mostrada en la figura 18, utilizando el formato creado por el área de control de calidad de ACOPAGRO, lo cual se presenta en el anexo 5. En la figura 3 se observa el proceso de análisis físico del cacao fermentado seco.



**Figura 18**

Procedimiento de análisis físico del cacao fermentado seco.

Fuente: ACOPAGRO, (2015)

El porcentaje de granos fermentados se calculó restando los granos defectuosos y no fermentados de los 100 granos utilizados en la prueba de corte (100 en total) (figura 19).

El 50% de los granos parcialmente fermentados se consideraron fermentados.

$$\% \text{ Granos fermentados} = 100 - \left( \text{No fermentados} + \text{Defectos} + \frac{\text{Parcial fermentado}}{2} \right)$$

- Almendras que han sufrido una fermentación satisfactoria. Sus cotiledones están agrietados y tienen un color marrón o marrón rojizo.
- Almendras que no son demasiado pesadas. La única diferencia perceptible entre ellas y las almendras bien fermentadas de color más oscuro es su tono marrón más claro.
- una almendra que ha sufrido una fermentación parcial. Se encontraron aquellas cuyos cotiledones son de color marrón medio y presentan pocas fisuras.
- Almendras de color violeta. Para determinarlo se utilizó la proporción de almendras cuyos cotiledones presentaban un color violeta intenso. La prueba de corte utilizada para calcular el porcentaje de fermentación se muestra en la figura 19.



**Figura 19**

Prueba de corte para determinar el porcentaje de fermentación

Fuente: ACOPAGRO, (2015)

### 3.6.1.5. Índice de semilla

El peso de cada semilla fermentada y secada es el índice de semillas, mientras que el número de vainas necesarias para producir 1 kg de cacao fermentado y secado es el índice de vainas. Para determinar los índices de semillas y frutos, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$IS = \frac{Ps \ 100 \ sem}{100}$$

Donde:

IS = Índice de semilla

Ps 100 sem = Peso seco de 100 semillas

100 = Cantidad de semillas pesadas



### 3.7. Etapa II. Eficiencia en el descascarillado.

El objetivo de esta etapa fue determinar el mejor método de secado por medio del cual se obtenga mayor rendimiento (%) en el descascarillado. Para ello el cacao seco pasó por diversas operaciones unitarias como:

#### 3.7.1. Tostado

El objetivo del tostado es disminuir el contenido de humedad hasta 1.5 - 2% con temperatura de 120°C por 40 minutos, desarrollando los precursores del aroma y sabor. (ACOPAGRO, 2015)

La figura 20 muestra el interior del tostador eléctrico rotativo de tamaño piloto, equipado con un termopar para el control de la temperatura, utilizado para realizar el tostado. Para una proporción de peso de 1.000 g de cacao en grano, la molienda será más fácil a temperaturas que oscilen entre 120 y 140°C, que está dentro del intervalo que se suele emplear en el negocio. En la figura 20 se muestra el tostador giratorio eléctrico.



**Figura 20**  
Tostador Eléctrico Rotatorio  
Fuente: ACOPAGRO, (2015)

#### 3.7.2. Triturado.

El cacao tostado pasa por una trituradora artesanal con el fin de romper y triturar los granos de cacao, de esta manera se produce la operación de rotura para permitir con facilidad el descascarillado.

Para romper los granos en este paso, se utiliza un rompedor de rodillos. Este dispositivo suele tener tres rodillos unidos a un cilindro que giran. Los nibs de cacao, o granos de cacao rotos, caen en una bolsa de plástico junto con sus cáscaras. Los granos que aún conservan la cáscara pasan al proceso de descascarillado. En la figura 21 se puede ver el molino de rodillos.



**Figura 21**  
Molino de Rodillos  
Fuente: ACOPAGRO, (2015)

### 3.7.3. Descascarillado.

Después se pasó a la descascarilladora donde se produjo la separación de la cáscara y su interior (nib), el cual nos sirvió para obtener el rendimiento de los cuatro métodos de secado.

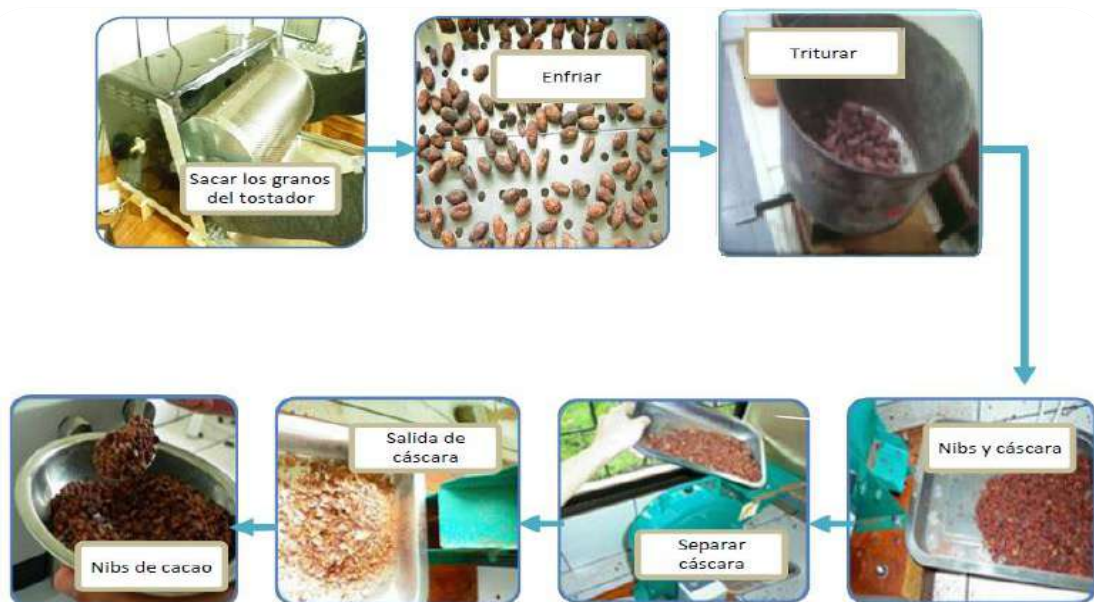
Aquí se pela la cáscara del grano de cacao. Antes de transformar el cacao en grano en pasta o licor de cacao, hay que descascarillarlo, sea cual sea su uso específico en la industria. En la figura 22 puede verse el mecanismo de descascarillado.



**Figura 22**  
Descascarilladora  
Fuente: ACOPAGRO, (2015)

### 3.7.4. Evaluaciones en el rendimiento del descascarillado

Se utilizó el método establecido por Plúa (2008), donde “se procedió a descascarar una muestra del grano tostado, previamente pesado, por motivos prácticos se escogieron 1000 g de muestra”. Una vez separada la cáscara o testa del cotiledón se pesaron obteniéndose los resultados por cada peso. En la figura 23 se observa el procesamiento de las semillas de cacao.



**Figura 23**

Procesamiento de las semillas de cacao

Fuente: ACOPAGRO, (2015)

En la tabla 2 y en la figura 24, se muestra el formato de las mediciones en las operaciones del rendimiento del cacao, para determinar la eficiencia en el descascarillado.

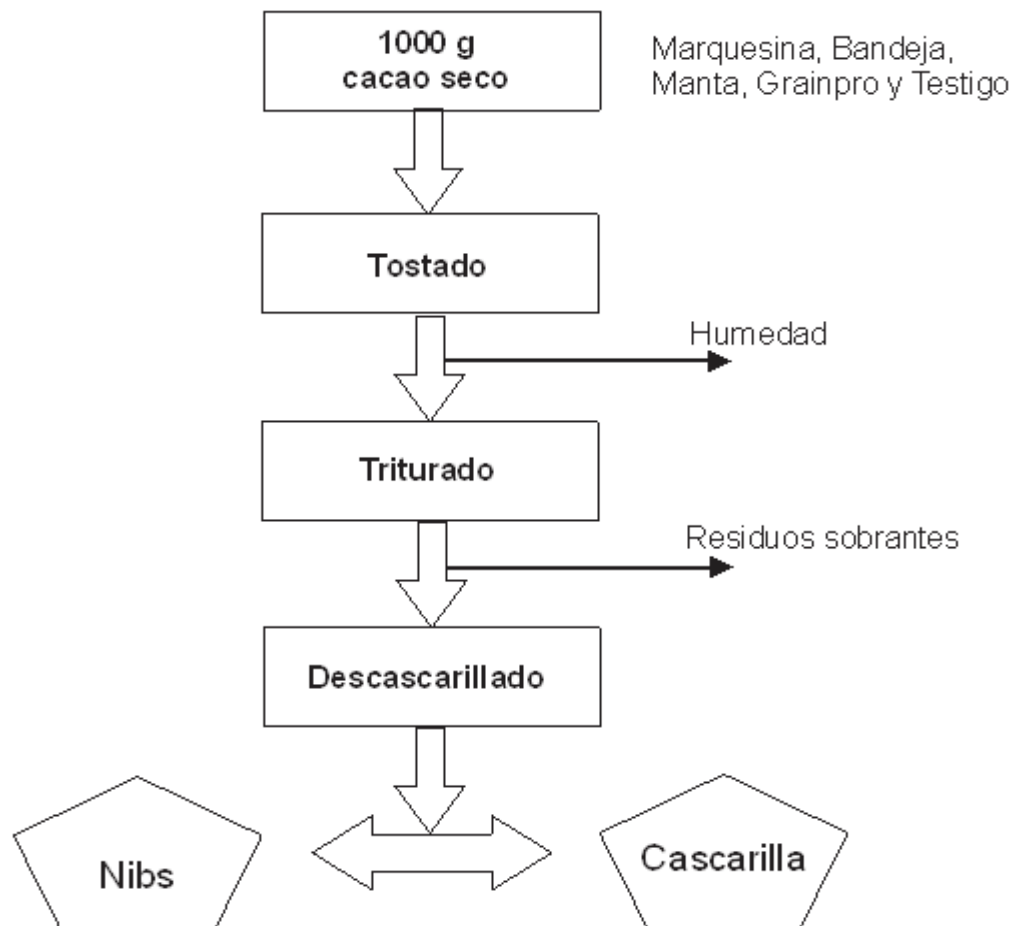
**Tabla 2**

*Mediciones de pesos en las operaciones realizadas en el descascarillado*

Operaciones	Peso medido	Métodos de secado				
		Marquesina	Bandeja	Manta	Grainpro	Testigo
<b>Grano seco</b>	Peso grano seco	1000 g	1000 g	1000 g	1000 g	1000 g
<b>Tostado</b>	Peso Tostado	--	--	--	--	--
<b>Triturado</b>	Peso Triturado	--	--	--	--	--
<b>Descascarillado</b>	Peso Nibs	--	--	--	--	--
	Peso cascarilla	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se observa el flujograma de las operaciones al grano seco para llegar al descascarillado a nivel del laboratorio.



**Figura 24**

Flujograma de las operaciones al grano seco para llegar al descascarillado a nivel del laboratorio

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.5. Evaluación de la eficiencia

La eficiencia de descascarillado es el porcentaje de cacao (nibs) que se obtiene después del descascarillado con relación al peso del cacao tostado y triturado.

$$Ef.d = \frac{\text{Peso de Nibs}}{\text{Peso inicial}} \times 100\%$$

Donde:

Ef. d = Eficiencia de descascarillado

Peso de Nibs = Peso promedio de los nibs de las 3 repeticiones

Peso inicial = Peso de cacao seco listo para ser procesado (1000 g)

### 3.8. Diseño experimental y análisis estadístico.

#### 3.8.1. Análisis de las variables del grano fermentado

Este estudio tenía un diseño completamente aleatorizado con un grupo de control como planteamiento. Los datos de las curvas de densidad aparente, pH y humedad se verificaron mediante la prueba de Duncan, que tenía un nivel de fiabilidad del 95%. Además, se utilizó el análisis de regresión. Se utilizó la versión 1.1 de INFOSTAT para realizar el análisis estadístico.

El modelo estadístico:  $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Es la observación (i, j, k, s) – ésimo: Humedad (Curva de secado), pH y densidad aparente

$\mu$  = Efecto de la media general de las evaluaciones

$T_i$  = Efecto del i – ésimo tratamiento (método de secado)

$E_{ij}$  = Error experimental.

#### 3.8.2. Análisis en el descascarillado

Los resultados del rendimiento en el descascarillado teniendo en cuenta los métodos de secado, se obtuvieron, utilizando el diseño completamente al azar (DCA), con testigo, con 4 tratamientos y 3 repeticiones, y para determinar el mejor método se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan a niveles de confianza en  $\rho < 0,01$  y  $\rho < 0,05$ . El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el programa IBM SPSS Statistics v. 24.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DICUSIÓN

#### 4.1. Evaluaciones durante el secado

En la tabla 3 se muestran los datos físicos – químicos promedio de las variables estudiadas (Humedad, pH y densidad aparente) durante el secado de granos de cacao en los diferentes métodos investigados.

**Tabla 3**  
*Variables fisicoquímicas promedios evaluados durante el secado*

Métodos de secado	Parámetros fisicoquímicos promedios <sup>1</sup>			
	%Humedad	Humedad base seca*	pH	Densidad
<b>Marquesina</b>	20.21% ±11.95	0.283 ±0.207	4.93 ±0.23	1.389 ±0.092
<b>Bandeja corrediza</b>	18.95% ±10.65	0.257 ±0.183	4.78 ±0.23	1.300 ±0.096
<b>Manta</b>	23.25% ±10.59	0.328 ±0.190	5.13 ±0.31	1.311 ±0.107
<b>Grainpro</b>	23.03% ±9.33	0.319 ±0.170	5.08 ±0.34	1.361 ±0.087
<b>Testigo</b>	21.53% ±9.76	0.294 ±0.168	4.99 ±0.30	1.370 ±0.129
<b>Promedio</b>	21.39%	0.296	4.98	1.346
<b>Mínimo</b>	18.95%	0.257	4.78	1.300
<b>Máximo</b>	23.25%	0.328	5.13	1.389
<b>Desviación estándar</b>	10.47	0.18	0.31	0.11
<b>Coefficiente de variación</b>	48.94%	61.86%	6.20%	7.99%
<b>Test Duncan</b>	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**	<0.0001**
<b>p&lt;0.05 y p&lt;0.01</b>				

\* Datos calculados y promediados de 28 observaciones por tratamiento

\*\*Explica la significancia al p<0.01

<sup>1</sup> Datos promedios de 28 observaciones durante los 7 días de secado

Como se observa en la tabla 3, se resume los promedios obtenidos de 28 observaciones durante los 7 días de secado (4 mediciones/día) del % humedad, humedad en base seca, el pH y la densidad aparente. Estas mediciones han ido variando durante los días de secado, obteniendo datos muy altos al empezar la mediciones y muy bajos al terminarla (como es el caso de la humedad). Y otros datos irregulares como en la densidad y pH del cacao seco. Por esta razón en la tabla 4, se muestra los datos promedios de las variables (% humedad, humedad base seca, pH y densidad aparente) obtenidos al final del secado en cada uno de los métodos.

**Tabla 4**  
*Evaluaciones finales de las variables fisicoquímicas en el secado*

Métodos	Parámetros fisicoquímicos finales <sup>1</sup>							
	%Humedad		Humedad final		pH		Densidad	
	Final		base seca *		final		final	
<b>Marquesina</b>	6.53%	±0.18	0.070	±0.002	5.28	±0.02	1.429	±0.334
<b>Bandeja corrediza</b>	6.95%	±0.36	0.075	±0.004	5.16	±0.16	1.228	±0.041
<b>Manta</b>	9.30%	±3.01	0.103	±0.037	5.59	±0.31	1.201	±0.013
<b>Grainpro</b>	8.57%	±1.48	0.094	±0.018	5.57	±0.41	1.347	±0.143
<b>Testigo</b>	6.70%	±0.49	0.072	±0.006	5.36	±0.18	1.278	±0.060
<b>Promedio</b>	7.61%		0.083		5.39		1.296	
<b>Mínimo</b>	6.53%		0.070		5.16		1.201	
<b>Máximo</b>	9.30%		0.103		5.59		1.429	
<b>Desviación estándar</b>	1.73		0.021		0.28		0.164	
<b>Coefficiente de variación</b>	22.71%		25.32%		5.10%		12.68%	
<b>Test Duncan</b>	0.1339		0.1368		0.1035		0.5130	
<b>p&lt;0.05 y p&lt;0.01</b>								

\* Datos promedios de 3 repeticiones de la última observación (156 horas de secado)

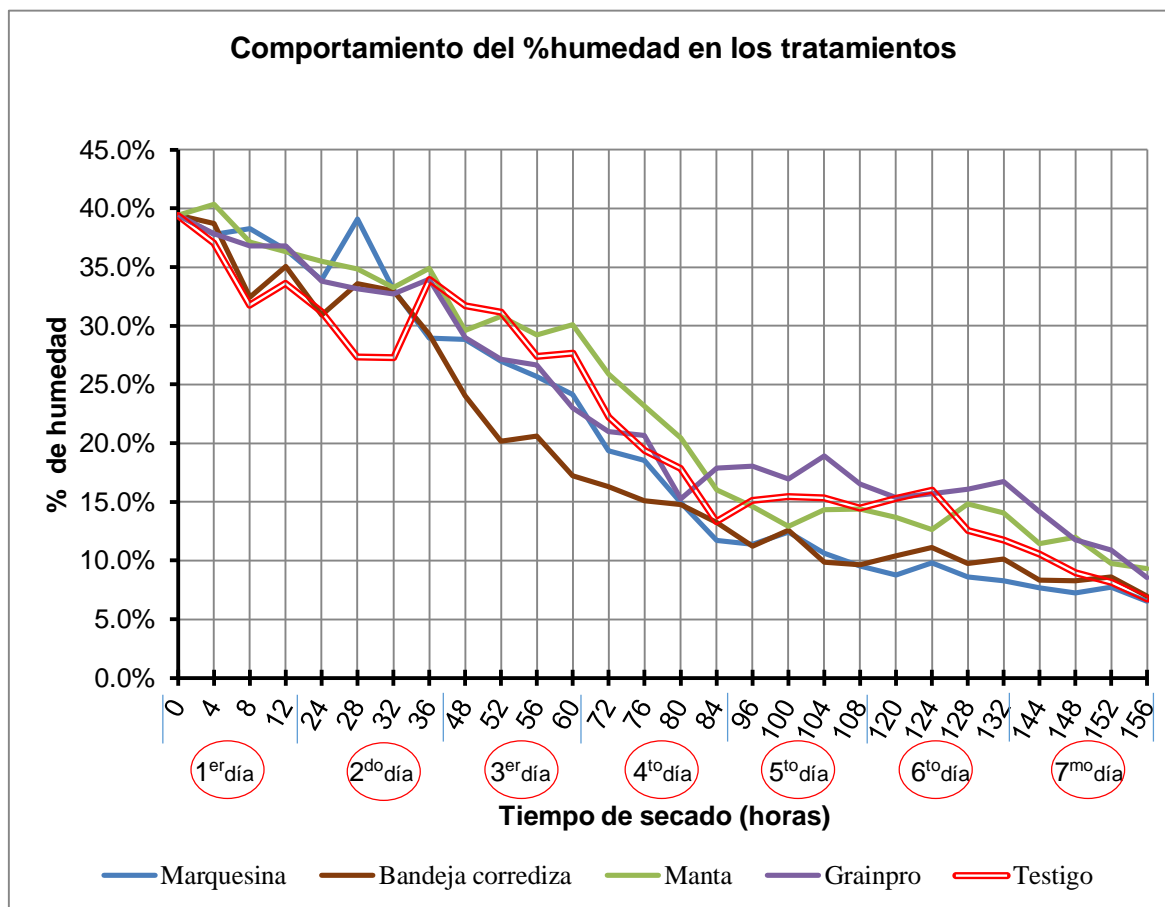
<sup>1</sup> Datos promedios de 3 repeticiones al final del proceso de secado

Así mismo la tabla 4, nos muestra el promedio de los datos finales del secado (28<sup>va</sup> observación) con 3 repeticiones, provocando mucho menos desviación estándar y por lo tanto menos coeficiente de variación. Además, que no hubo diferencia significativa de las variables a 0.05 y 0.01 nivel de significancia, en ninguno de los tratamientos

También se calculó los datos mínimos y máximos al final del secado, permitiendo saber que tratamiento tiene menor o mayor valor en las evaluaciones realizadas en el experimento.

#### 4.1.1. Porcentaje de humedad medido en los granos de cacao seco

En la figura 25, se observa el comportamiento del porcentaje de humedad.



**Figura 25**

Variación del porcentaje de humedad durante el secado.

Al iniciar el secado, los cinco (5) tratamientos obtuvieron 39.42 % de humedad, debido a que: los tratamientos se iniciaron el mismo día. Durante el secado se notó que la *marquesina* obtuvo un valor alto a las 28 horas de secado, debido a que el vapor de agua en el cacao producido por el calor del ambiente, se condensó en la muestra por las lluvias constantes. Mientras que la *bandeja corrediza* estuvo durante todo el proceso de secado, con una humedad decreciente normal (sin altos ni bajos).

Al finalizar el secado la “marquesina, bandeja corrediza y el testigo” no sobrepasaron el 7 % de humedad, por lo contrario, la *manta* y *Grainpro* superaron el 8 %.

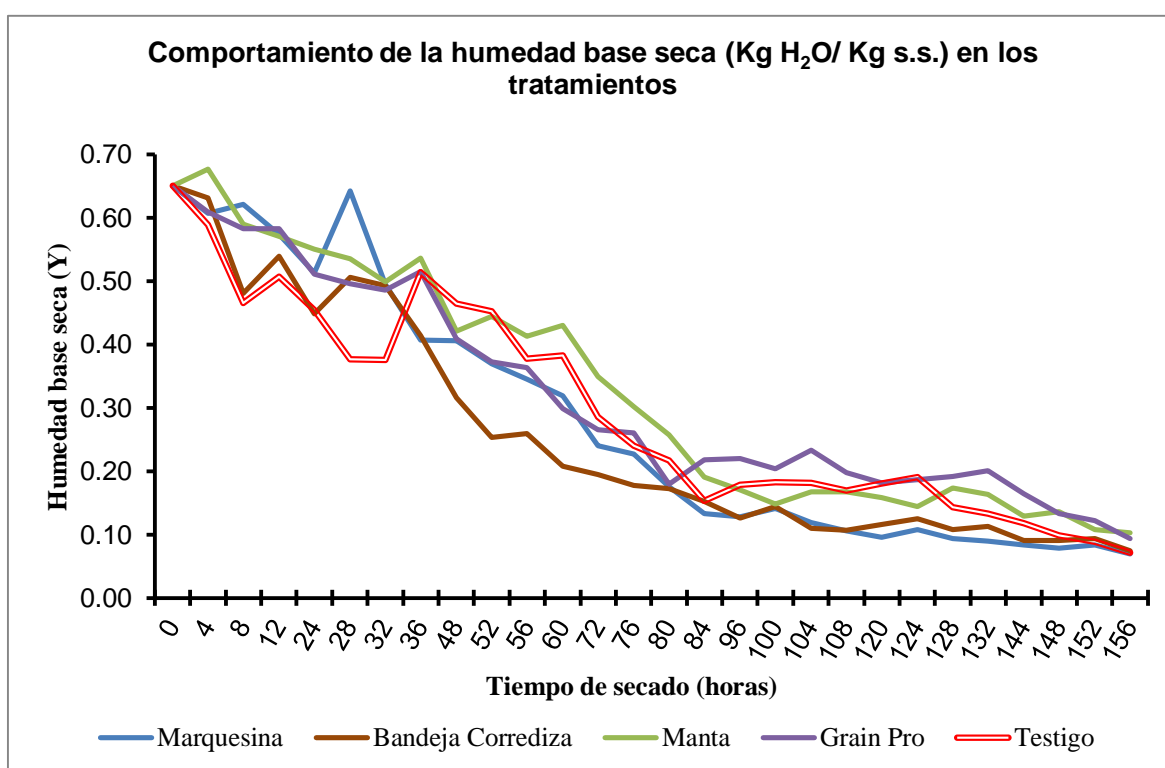
Al final del proceso de secado, sólo dos de los cinco tratamientos -el *Grainpro* y la *manta*- habían alcanzado niveles de humedad superiores al 8%, mientras que los otros dos no lo consiguieron. Las posibles causas son la exposición diurna al ambiente (el calor de los granos) y la condensación nocturna del vapor de agua del cacao (el abrigo del



método); o, en el caso de la manta, el contacto directo con el rocío, que humedece las muestras tratadas. En su investigación sobre los cambios físicos y químicos que ocurren a lo largo del proceso de secado al sol de granos de cacao fermentado en dos tipos diferentes de cajas de madera, Nogales, Graziani de Fariñas y Ortiz de Bertorelli (2006) revelaron un contenido medio de humedad de 7,95%, que se encuentra en el medio del rango de valores reportados en esta investigación.

#### 4.1.2. Humedad en base seca

En la figura 26, se presentan las experiencias de los valores de humedad del sólido ( $\text{kgH}_2\text{O} / \text{kg s.s.}$ ) a lo largo del tiempo de secado (horas).

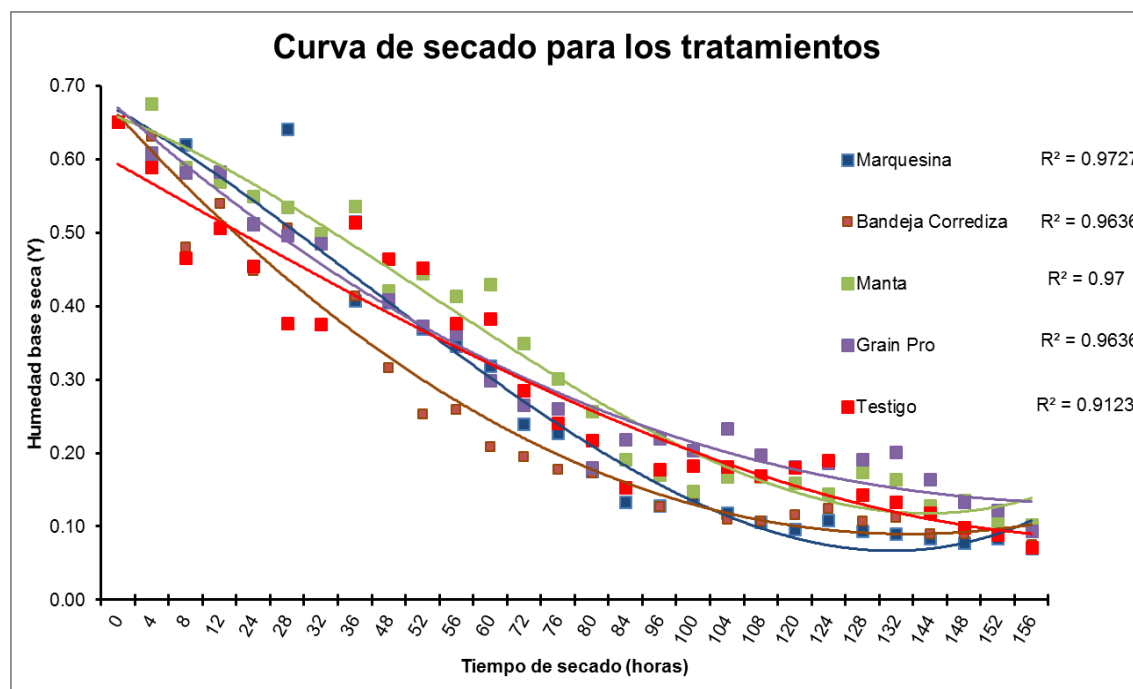


**Figura 26**

Comportamiento de la humedad en base seca durante el secado

En el proceso de deshidratación de granos de cacao a temperatura ambiente. Durante las primeras 32 horas del proceso en el método **testigo** tuvo una disminución notoria en el porcentaje de humedad, llegando a  $0.376 \text{ kgH}_2\text{O} / \text{kg s.s.}$ ; pero después se recuperó y se mantuvo dentro del promedio general. Después de las 32 horas hasta las 80 horas, la bandeja corrediza tuvo una disminución evidente en su % de humedad, siendo la más baja de todos los métodos. (ver anexo 6).

Los valores de humedad determinados en ésta investigación fueron más altos que los encontrados por Ortiz de Bertorelli, Graziani de Fariñas & Rovedas (2009), y esto se debe a que los autores realizaron otro tipo de manejo al beneficiar el grano de cacao con resultados de 5.2% para cacao criollos y 4.5% para cacao forastero; como también la frecuencia de remoción en los tratamientos, que fue cada 2 horas (día).



**Figura 27**

Humedad en base seca, ajustada para los métodos de secado en función al tiempo

Para evaluar la curva de secado se ha tomado en cuenta los datos de humedad en base seca ajustándolos con una regresión polinomial de 3<sup>er</sup> grado. Éstos datos ajustados expusieron al tratamiento de *bandeja corrediza* con la curva más baja, mientras que la manta obtuvo una curva de secado por encima de los demás tratamientos. El proceso se inició cuando las almendras fueron expuestas al sol durante dos horas en capas de 6 cm de espesor el primer día; por cuatro horas en capas de 3 cm de espesor el segundo día, por seis horas en capas de 3 cm de espesor en el tercer día, del cuarto al séptimo día se expuso al sol desde la mañana hasta el atardecer en capas de 1 cm de espesor; llegando a producirse una pérdida de humedad de alrededor de 0.5 Kg H<sub>2</sub>O/Kg s.s.

En la figura 28, se observa la comparación del comportamiento de la humedad en base seca que tiene el tratamiento testigo con los demás tratamientos. Y se define que los tratamientos **marquesina y bandeja corrediza**, hasta las 32- 48 horas han estado por encima del tratamiento testigo. Y que después del segundo día la humedad del **testigo** pasó a estar por encima de los tratamientos **marquesina y bandeja corrediza** hasta

finalizar el secado. Mientras que en los tratamientos **manta y grainpro**, la humedad estuvo arriba todo el tiempo en el secado con relación al **testigo**.

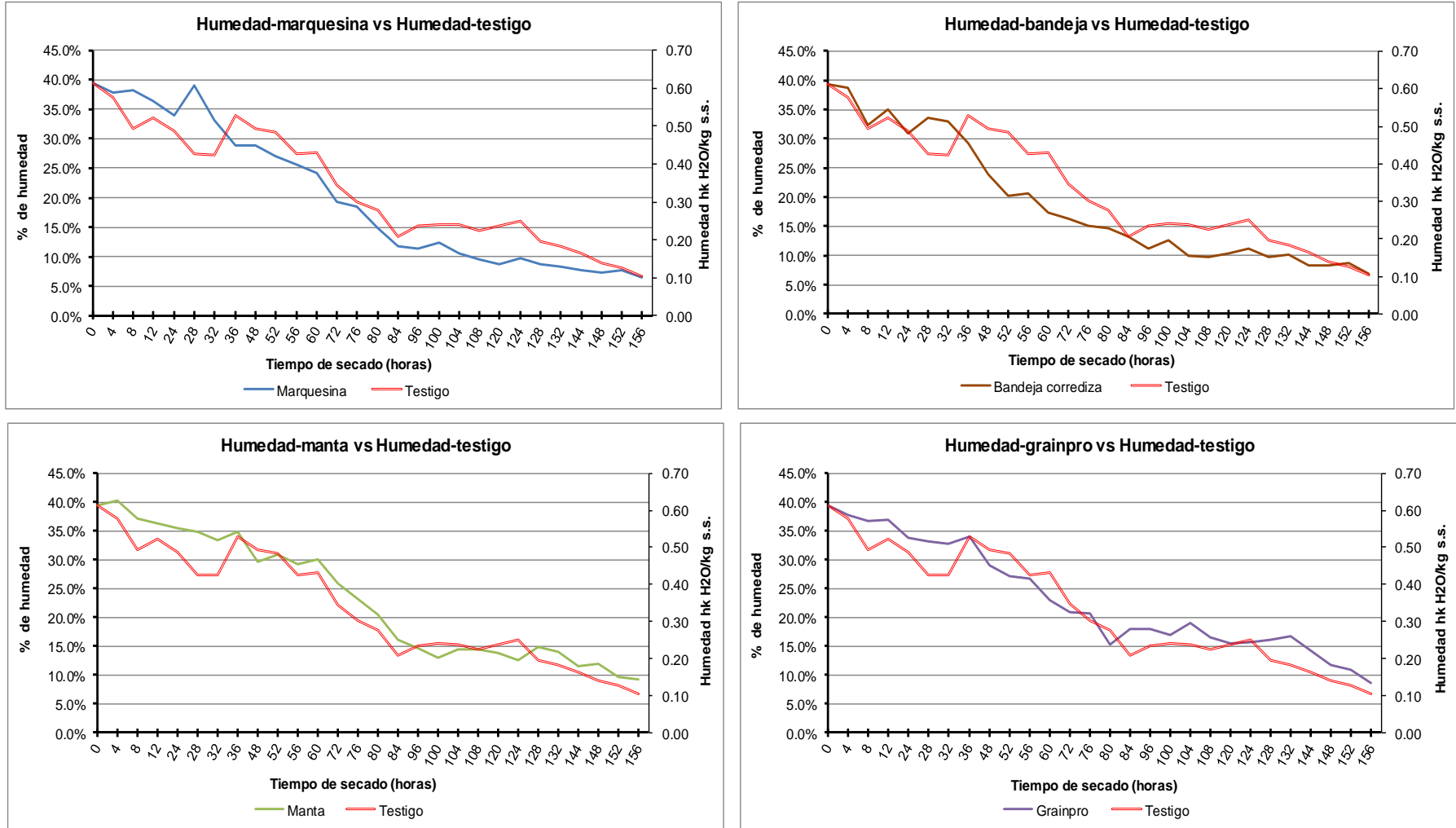
**Tabla 5**

*Comparación de los promedios del porcentaje de humedad final y humedad general, en el proceso de secado*

<b>Método</b>	<b>% de Humedad final (156 horas de secado promedio) *</b>	<b>% de Humedad promedio general</b>
Marquesina	6.53 % a	20.21 % a
Bandeja	6.95 % a	18.95 % a
Manta	9.30 % a	23.25 % c
Grainpro	8.57 % a	23.03 % c
Testigo	6.70 % a	21.53 % b

\*Datos promedios de 3 repeticiones

Como se observa en la tabla 5, no se halló diferencia significativa al promediar las 3 repeticiones del % de humedad a las 156 horas de secado. Mientras que en el promedio general del % de humedad, si se halló diferencia significativa, siendo los tratamientos **manta y Grainpro** las que más diferentes fueron.



**Figura 28**  
 Comparación del comportamiento de la humedad de los tratamientos con el testigo

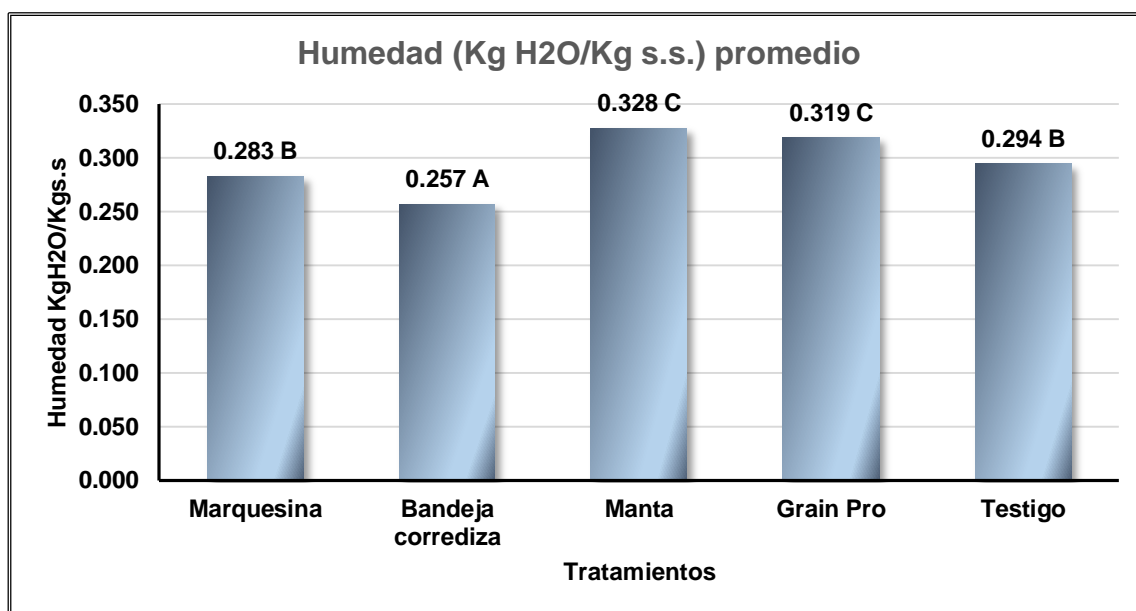
**Tabla 6**

Comparación de la Humedad final y general (kg H<sub>2</sub>O/ kg s.s.) en el proceso de secado

Método	Humedad final (156 horas de secado promedio) **	Humedad promedio general
Marquesina	0.070 a	0.283 b
Bandeja	0.075 a	0.257 a
Manta	0.103 a	0.328 c
Grainpro	0.094 a	0.319 c
Testigo	0.072 a	0.294 b

\*\*Datos promedios de 3 repeticiones

Igual que en la tabla anterior, se observa en la tabla 6, que no hubo diferencia significativa para la humedad base seca a las 156 horas. Mientras que en la humedad promedio la **manta y Grainpro** mostraron diferencias al aplicar la prueba Duncan al 95.0% de confiabilidad.

**Figura 29**

Humedad en base seca promedio de cada tratamiento

Fuente: Elaboración propia

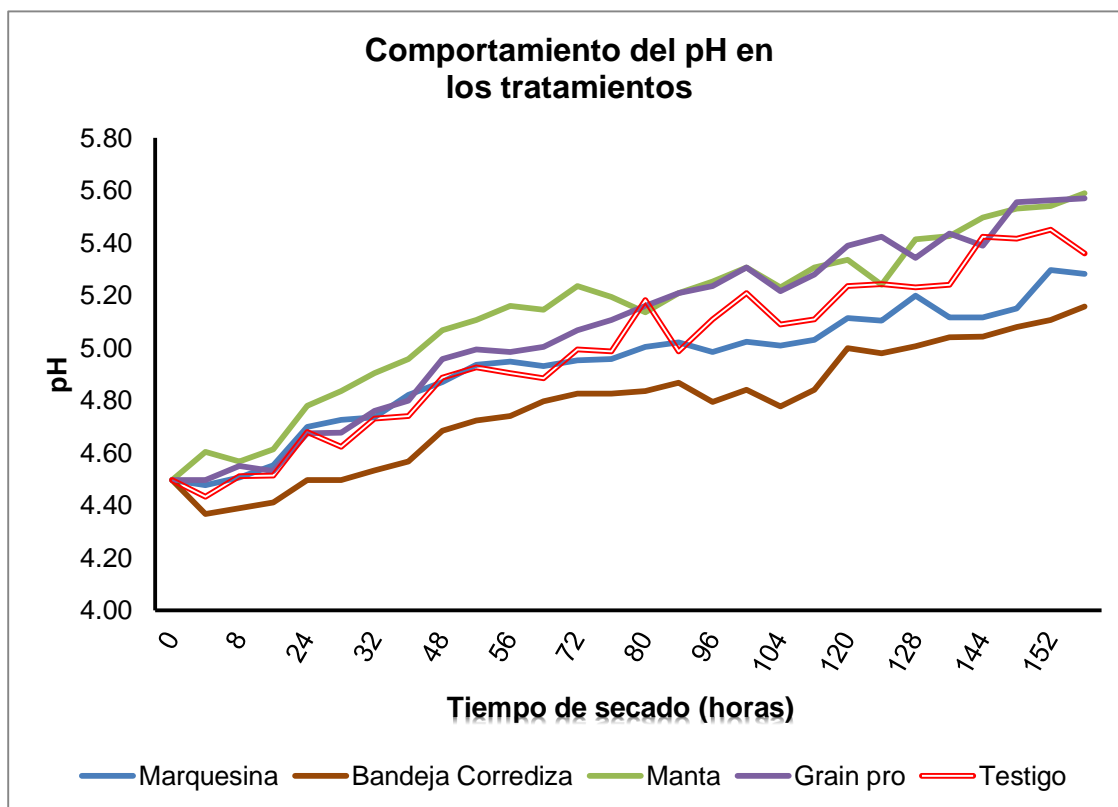
Como se observa en la figura 29, la humedad base seca (kgH<sub>2</sub>O /kg s.s.) promedio, sí mostró diferencias significativas al 95% de confiabilidad entre tratamientos. Siendo el método de **Bandeja corrediza** el que más difiere de los demás con menor humedad, por otro lado, la "Manta" y "Grainpro" presentaron las humedades promedias más altas.

#### 4.1.3. pH durante el secado.

En la tabla 7, se presentan los resultados del pH en el proceso de secado de granos de cacao a temperatura ambiente de 30°C.

**Tabla 7**  
*Comportamiento del pH durante el secado en los métodos aplicados.*

Horas	Métodos				
	Marquesina	Bandeja corrediza	Manta	Grainpro	Testigo
0	4.497	4.497	4.497	4.497	4.497
4	4.477	4.367	4.603	4.497	4.433
8	4.507	4.390	4.567	4.550	4.510
12	4.553	4.410	4.613	4.530	4.513
24	4.700	4.497	4.780	4.673	4.680
28	4.727	4.497	4.837	4.677	4.623
32	4.737	4.533	4.903	4.760	4.730
36	4.820	4.567	4.957	4.800	4.740
48	4.870	4.683	5.067	4.957	4.887
52	4.937	4.723	5.107	4.993	4.927
56	4.947	4.740	5.160	4.983	4.903
60	4.930	4.797	5.147	5.003	4.883
72	4.953	4.827	5.237	5.067	4.993
76	4.957	4.827	5.193	5.107	4.987
80	5.003	4.837	5.137	5.160	5.183
84	5.020	4.867	5.210	5.210	4.987
96	4.983	4.793	5.253	5.237	5.110
100	5.023	4.840	5.307	5.307	5.210
104	5.010	4.777	5.230	5.217	5.090
108	5.030	4.840	5.307	5.280	5.110
120	5.113	5.000	5.337	5.390	5.237
124	5.103	4.980	5.240	5.423	5.243
128	5.200	5.007	5.413	5.343	5.230
132	5.117	5.040	5.427	5.437	5.240
144	5.117	5.043	5.497	5.390	5.423
148	5.150	5.080	5.530	5.557	5.417
152	5.297	5.107	5.540	5.563	5.450
156	5.283	5.157	5.590	5.570	5.360
Promedio	4.931	4.776	5.132	5.078	4.986



**Figura 30**

Comportamiento del pH del grano de cacao durante el secado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 30, se presentan los resultados de los valores de pH del sólido a lo largo del tiempo de secado (horas). El método “bandeja corrediza” demuestra un comportamiento o curva de pH inferior a los demás métodos, mientras que en la “manta” ocurre lo contrario teniendo un comportamiento superior a todos. El método “Testigo” mantuvo una curva de pH intermedio durante todo el proceso de secado. (ver anexo 09).

El comportamiento del pH en todos los tratamientos fue de forma ascendente, pero se encontró una estrecha relación del tratamiento “manta” y “Grainpro” ya que se obtuvieron los pH más altos (5.59 y 5.57 respectivamente), y además de tener una curva de pH por encima de los demás tratamientos, no obstante de ser también muy parecida y cercana; ésta coincidencia se debe también a que los dos han tenido una humedad por encima del 8 %, atribuyéndole a que la humedad afectó en la acumulación de la acidez durante el secado y por lo tanto ayudó a obtener un pH más alto y además el cual puede ser atribuido a la remoción diaria a la que fue sometido.

“Las reacciones térmicas que ocurren en esta etapa 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) afirman que el

proceso de beneficio del cacao puede afectar las características químicas del cotiledón, sin embargo, en el secado del grano fermentado el pH permaneció constante.

Ortiz de Bertorelli, Camacho & Graziani de Fariñas (2004) afirman que los estudios con tres niveles de textura de piso (rugosa, lisa y tradicional) no afectaron las características químicas (dentro de ellos el pH), de los granos al secarlos por exposición al sol. Muy diferente a ésta investigación, donde existe diferencia significativa en el pH, ya que dichos métodos implican técnicas y parámetros muy diferentes a los utilizados por los autores citados; como lo muestran los tratamientos de marquesina y bandeja corrediza con pH parecidos, utilizando una mesa con malla metálica para su secado; y como lo muestran los tratamientos de manta y el Grainpro con pH más altos 5.59 y 5.57 respectivamente, utilizando el piso como base para su secado.

**Tabla 8**

*Comparación de los promedios del pH final y el pH general en el proceso de secado.*

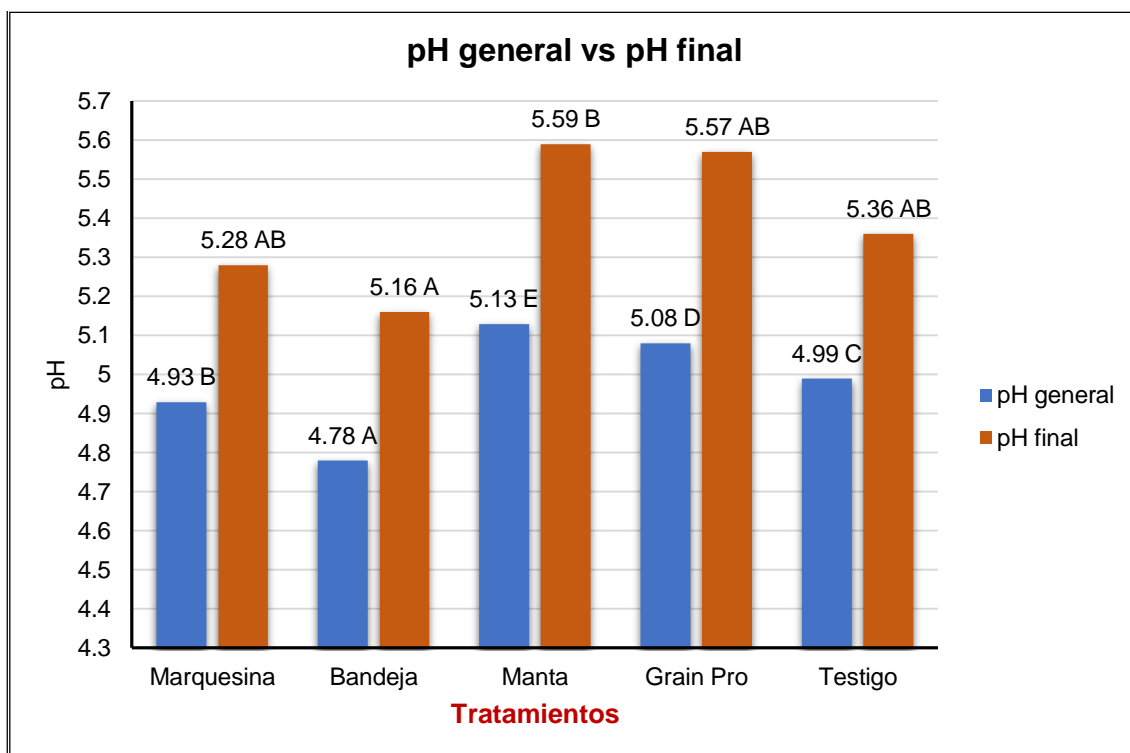
Método	pH final (156 horas de secado promedio)*		pH promedio general**	
Marquesina	5.28 ab	±0.02	4.93 b	±0.23
Bandeja	5.16 a	±0.16	4.78 a	±0.23
Manta	5.59 b	±0.31	5.13 c	±0.31
Grainpro	5.57 ab	±0.41	5.08 d	±0.34
Testigo	5.36 ab	±0.18	4.99 e	±0.30

\*Muestras promedios de 3 repeticiones

\*\*Muestras promedios de 28 observaciones en el secado

En la tabla 8, se compara el promedio del pH final (a las 156 horas de secado) y el promedio del pH general. La prueba de Duncan para el pH final y para el efecto de los tratamientos de secado, indicó que la diferencia entre las medias de todos los niveles, solamente es significativa en el tratamiento de la “bandeja corrediza” y la “manta”. Mientras que el pH general, todos los tratamientos son significativos entre todos.

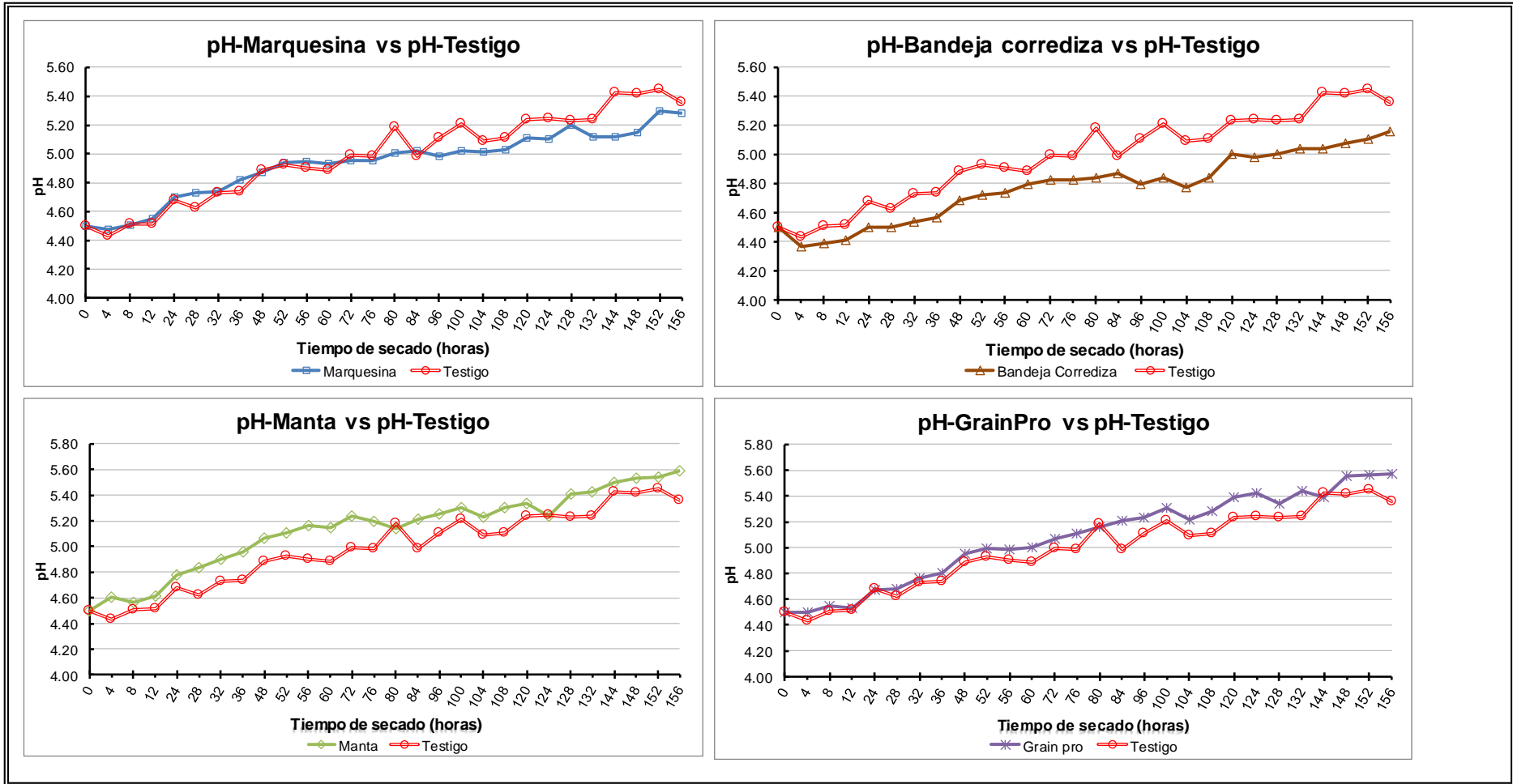




**Figura 31**

pH promedio del secado por tratamiento

Como se observa en la figura 31, el pH promedio-general del secado de granos de cacao presentan los datos experimentales de 28 observaciones promediados con 3 repeticiones, estos valores promedios están en función a los tratamientos, dando un promedio general. De esto se obtuvo el menor valor con un pH = 4.78 para el tratamiento “bandeja corrediza” y el mayor valor con un pH = 5.13 lo obtuvo el tratamiento de la “manta”



**Figura 32**  
Comparación del comportamiento del pH en los tratamientos con el testigo

Realizando una comparación entre los tratamientos y el testigo, se observa en la figura 32 que: el comportamiento del pH en la muestra testigo es superior al pH del tratamiento marquesina y bandeja corrediza. Por lo contrario, en la comparación con el tratamiento de la “manta y Grainpro” la curva de pH en la muestra testigo es inferior durante todo el secado.

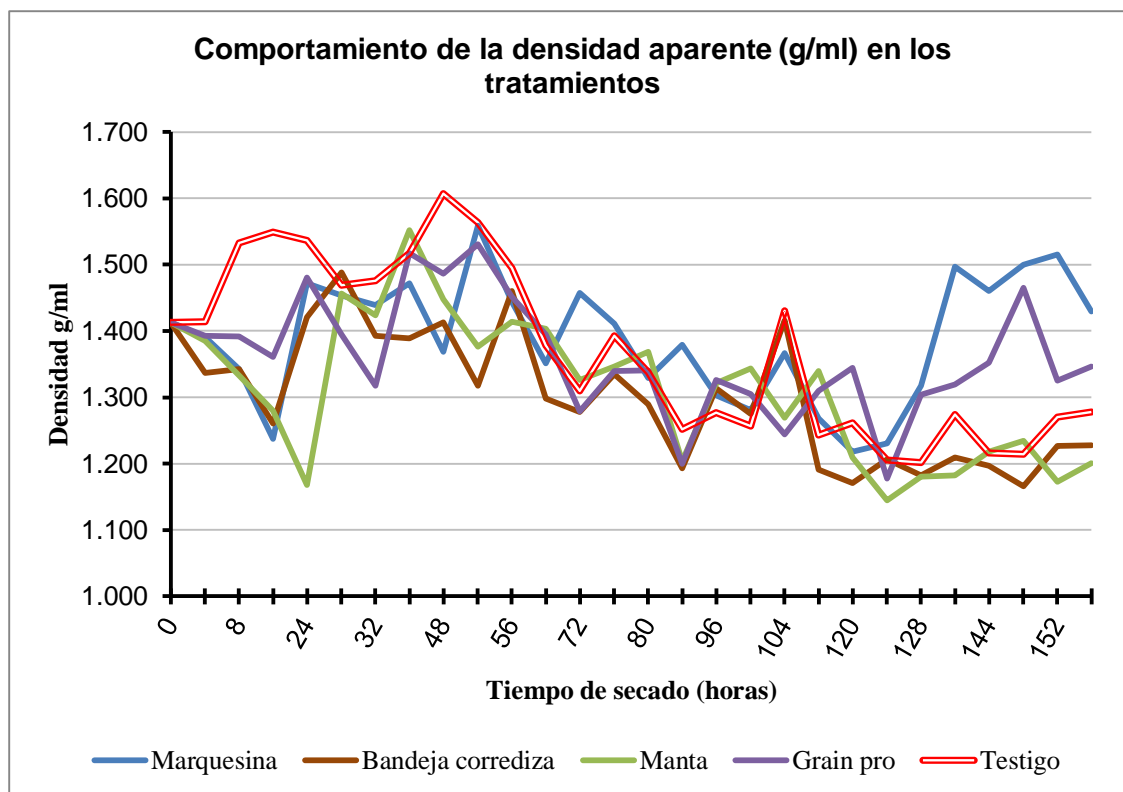
#### 4.1.4. Densidad aparente de los granos de cacao durante el secado a temperaturas ambiente

**Tabla 9**

*Comportamiento de la densidad aparente durante el secado de granos secos*

Horas	Métodos				
	Marquesina	Bandeja corrediza	Manta	Grainpro	Testigo
0	1.413	1.413	1.413	1.413	1.413
4	1.390	1.336	1.385	1.392	1.414
8	1.343	1.343	1.333	1.392	1.533
12	1.237	1.260	1.279	1.361	1.549
24	1.472	1.421	1.168	1.480	1.536
28	1.453	1.489	1.456	1.395	1.469
32	1.439	1.392	1.424	1.317	1.476
36	1.472	1.389	1.552	1.517	1.518
48	1.369	1.413	1.448	1.486	1.607
52	1.558	1.318	1.377	1.531	1.564
56	1.444	1.461	1.414	1.452	1.495
60	1.351	1.298	1.403	1.395	1.378
72	1.457	1.278	1.326	1.279	1.309
76	1.411	1.334	1.347	1.339	1.393
80	1.329	1.290	1.369	1.340	1.338
84	1.379	1.193	1.203	1.200	1.252
96	1.303	1.314	1.322	1.326	1.277
100	1.281	1.275	1.344	1.305	1.257
104	1.367	1.416	1.269	1.244	1.430
108	1.268	1.191	1.340	1.310	1.243
120	1.218	1.170	1.210	1.345	1.261
124	1.230	1.207	1.145	1.177	1.205
128	1.318	1.182	1.181	1.304	1.201
132	1.497	1.209	1.182	1.319	1.274
144	1.460	1.196	1.218	1.352	1.216
148	1.500	1.166	1.234	1.465	1.214
152	1.516	1.227	1.173	1.325	1.270
156	1.429	1.228	1.201	1.347	1.278
<b>Promedio</b>	1.389	1.300	1.311	1.361	1.370

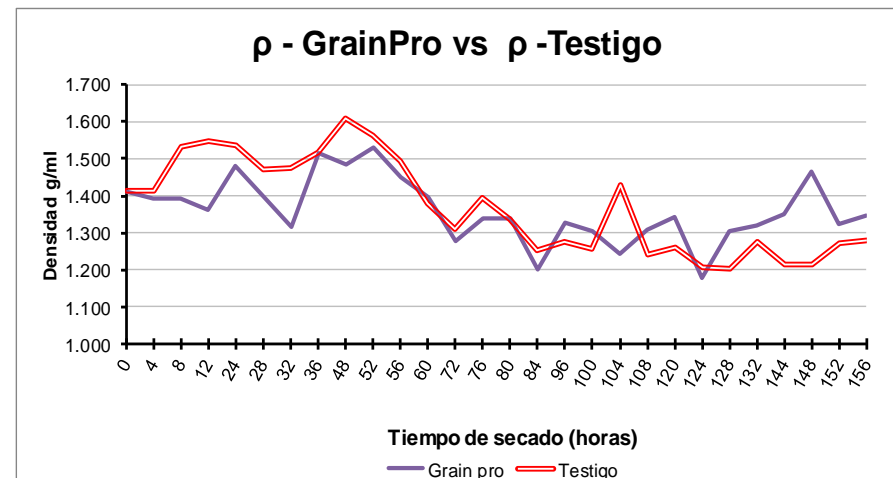
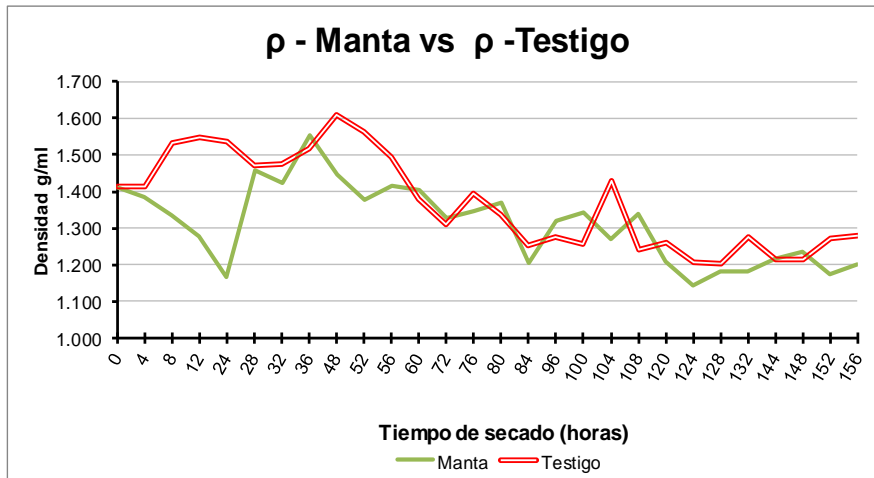
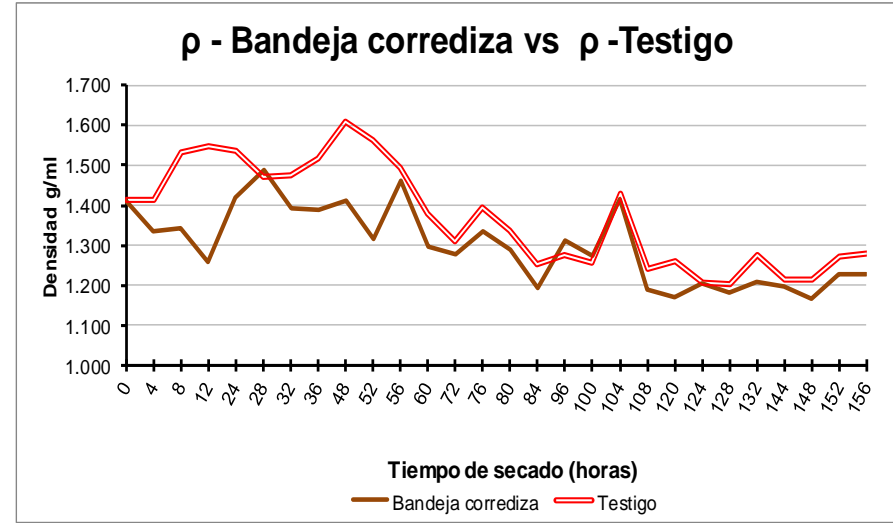
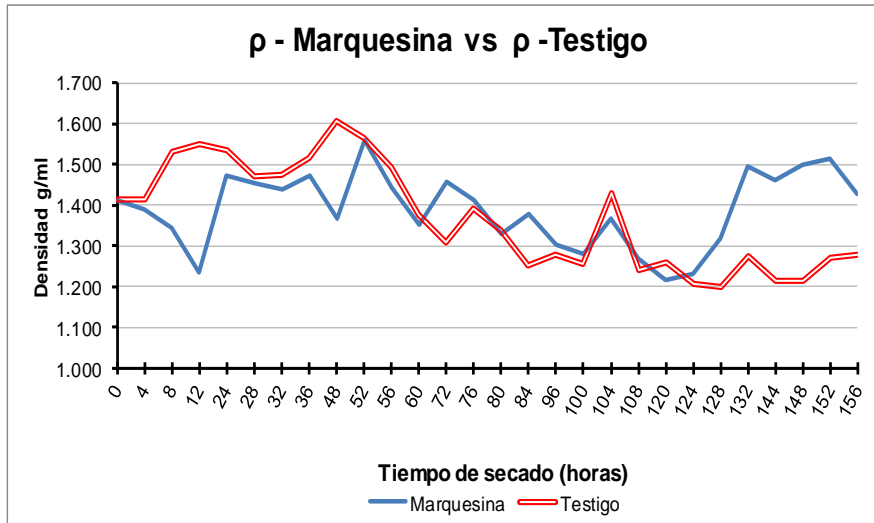
En la tabla 9, se presentan los resultados de la densidad aparente del grano de cacao (g/ml) a lo largo del tiempo de secado (horas) en el proceso a temperatura ambiente.



**Figura 33**

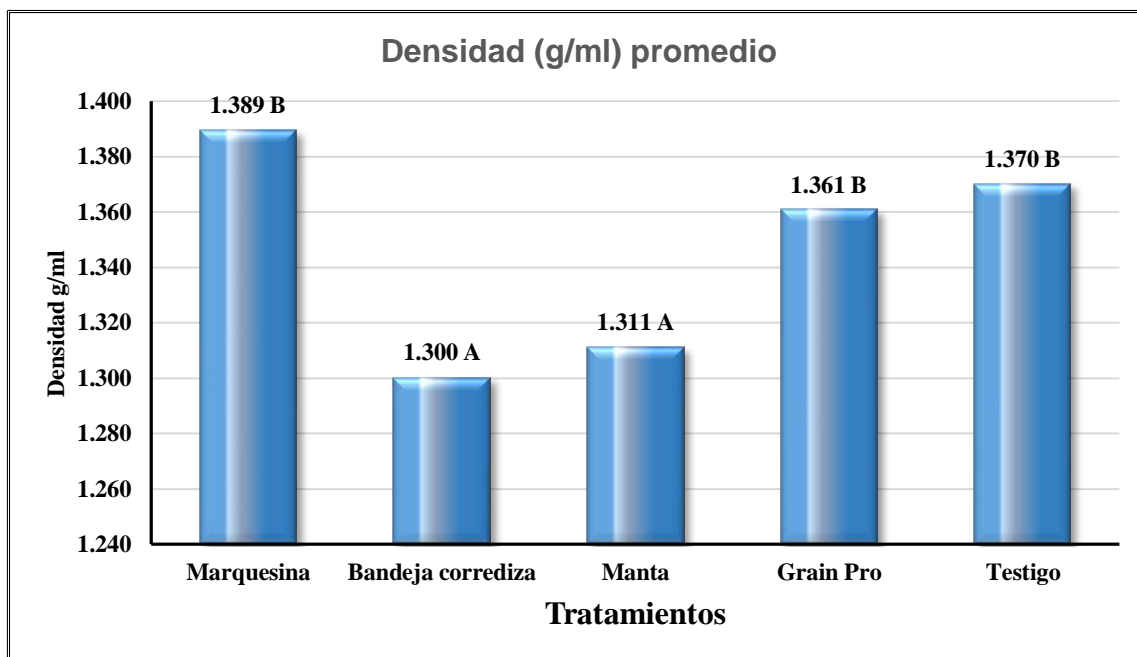
Comportamiento de la densidad (g/ml) aparente durante el secado

En la figura 33, se puede observar una dispersión de los valores de la densidad (g/ml) en cada método, esto se debe al incremento de humedad en los granos de cacao. En el método de marquesina los valores se mantienen casi constantes, ya que, en este método, los granos están bajo techo y el calor se mantiene. En lo que respecta al testigo que empiezan con valores elevados de densidad, van descendiendo a lo largo del secado. Pero en general no existe una relación que indique el comportamiento irregular de ésta variable. (Ver anexo 12).



**Figura 34**  
Comparación del comportamiento de la densidad en los tratamientos con el testigo

Como se observa en la figura 34, realizando una comparación de los tratamientos con el testigo, se halló mucha irregularidad en cuanto al comportamiento de la densidad durante el secado. La densidad del “testigo” al final del secado es menor que la densidad de los tratamientos de “marquesina y Grainpro”; mientras que cuando se compara los tratamientos “bandeja corrediza y manta”, la densidad del “testigo” es mayor.



**Figura 35**

Densidad promedio (g/ml) del proceso de secado en cada tratamiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35, se presentan los datos experimentales de 28 observaciones promedios con 3 repeticiones, de la densidad aparente de los granos de cacao secos, de las cuales la “bandeja corrediza” y la “manta” se diferencian significativamente de los demás métodos con valores mínimos de 1.3 y 1.31 g/ml en promedio respectivamente, mientras que el método de “marquesina” obtuvo el valor más alto con una densidad de 1.389 g/ml

Comparando las densidades aparentes con investigaciones anteriores de Rojas (2010), se deduce que la obtenida en el estudio es menor que encontrada en dicho autor, esto debido quizá a una mala medición del volumen que ocupaban los granos de cacao en la probeta, o a la mala disposición espacial de los granos dentro de la probeta. Para evitar aquello, se debe dar algunos golpes a la probeta para reacomodar los granos tratando de que se tenga la menor cantidad de poros entre ellos. Según Rojas (2010) “la densidad aparente no cambia significativamente entre los contenidos de humedad de 10 % a 14 %. Por lo cual los tratamientos manta y grainpro no han sido afectados en los resultados de la densidad, aunque tuvieran mayor % de humedad”. Incluso el

tratamiento marquesina presentó mayor densidad aparente pese a tener el menor contenido de humedad.

#### 4.2. Evaluación de la calidad del grano de cacao (*Theobroma Cacao L*) en los cuatro métodos de secado.

En la tabla 10, se muestra las características del cacao en el análisis físico aplicado, tales como: el porcentaje de bien fermentado, parcial fermentado, no fermentado, defecto y el índice de semilla. También se desarrolló la prueba Duncan para saber su significancia al 95 % y al 99% de confiabilidad.

**Tabla 10**  
*Características físicas promedios en los métodos de secado*

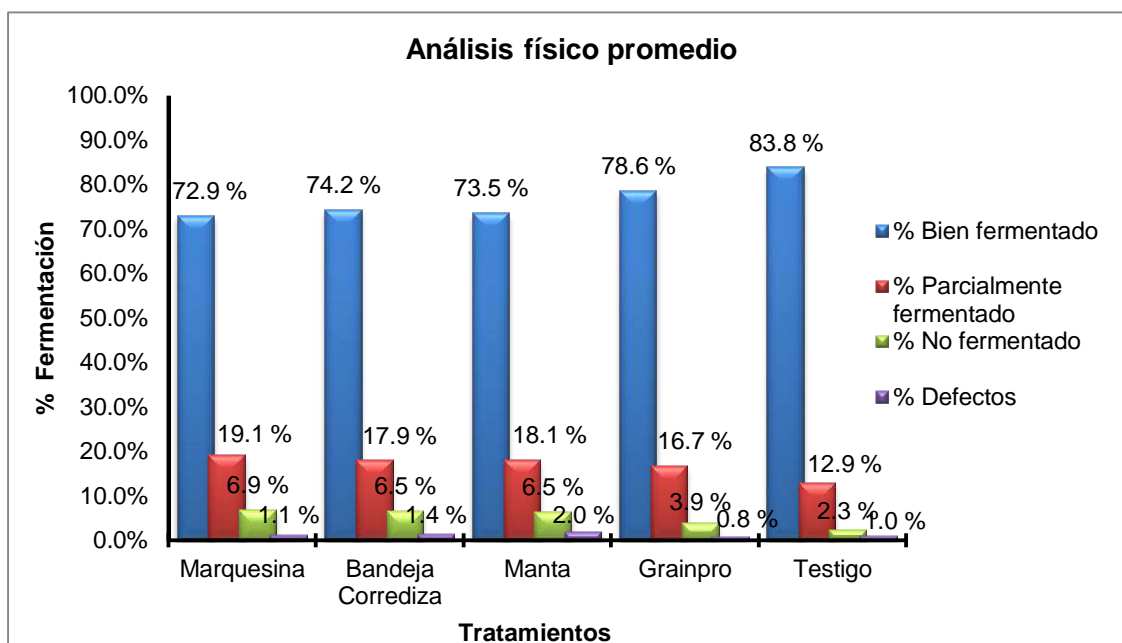
Método	Características físicas promedio									
	% Bien fermentado		% Parcialmente fermentado		% No fermentado		% Defectos		Índice de semilla	
Marquesina	72.9	±6.3	19.1	±4.1	6.9	±3.4	1.1	±0.4	1.47	±0.06
Bandeja C.	74.2	±19.1	17.9	±10.2	6.5	±9.4	1.4	±0.4	1.09	±0.12
Manta	73.5	±14.0	18.1	±8.5	6.5	±6.8	2.0	±0.7	1.00	±0.06
Grainpro	78.6	±9.7	16.7	±7.0	3.9	±3.9	0.8	±0.4	1.02	±0.03
Testigo	83.8	±5.3	12.9	±1.9	2.3	±3.2	1.0	±0.3	1.12	±0.06
<b>Promedio</b>	76.59		16.94		5.23		1.25		114	
<b>Mínimo</b>	72.90		12.90		2.33		0.83		1.00	
<b>Máximo</b>	83.77		19.13		6.90		1.97		1.47	
<b>Desviación estándar</b>	10.65		6.10		5.11		0.54		0.18	
<b>Coficiente de variación</b>	13.90%		36.03%		97.68%		43.03%		15.61%	
<b>Test Duncan</b>	0.8837		0.9233		0.8312		0.1471		0.0017**	
<b>p&lt;0.05 y p&lt;0.01</b>										

\*\*Diferencias estadísticas al p<0.01

Como se observa en la tabla 10, los datos promedios del porcentaje de bien fermentado fue 76.6 %, en el parcial fermentado 16.9 %, en el no fermentado fue el 5.2 % y en defectos 1.3 %. Como también se midió el índice de semilla el promedio de éste fue de 1.14 gramos/ grano de cacao.

La prueba Duncan demostró solo diferencia significativa en los tratamientos para la variable índice de semilla, con una p-valor de 0.0017, obteniendo mucha significancia al 99 % de confiabilidad.

#### 4.2.1. Análisis físico (Prueba del corte)



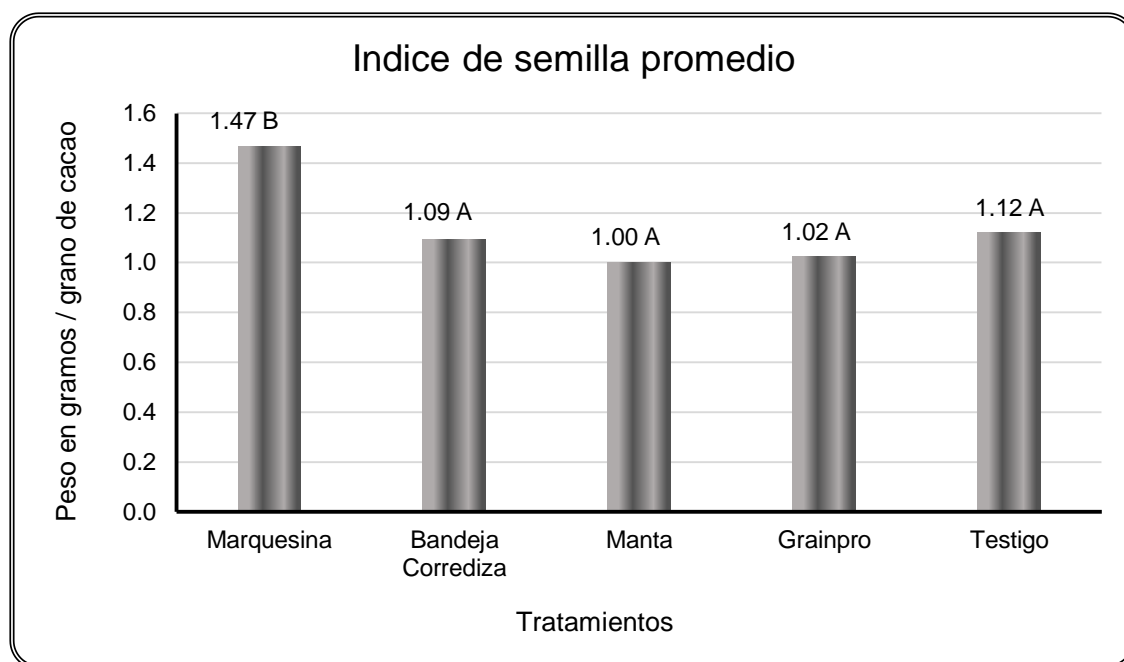
**Figura 36**  
Porcentaje de Fermentación en los métodos de secado.

Considerando la (NTP ISO 1114, 2006) para cada método de la investigación, “ninguna fermentación y secado es uniforme, tanto en intensidad como en calidad de sabor, el grado ideal de fermentación debe ser del orden del 70 – 80% de granos completamente fermentados y un 20 – 30% parcialmente pardas y parcialmente púrpuras”. Esta investigación arrojó grados de fermentación dentro de lo establecido; además el tratamiento de marquesina, aunque tuvo el menor porcentaje de fermentación, el método sirvió para obtener el mejor índice de semilla.

En la figura 36, se presentan las experiencias de los valores de la prueba de corte (%fermentación) en los métodos de secado de granos de cacao. En los métodos de Testigo y Grainpro, se puede observar los mayores porcentajes de fermentación después del secado, registrando valores desde 83.8% y 78.6% respectivamente. El método marquesina, registró el menor porcentaje de fermentación (72.9%), y los otros métodos de manta y bandeja corrediza, sus porcentajes equivalen a 73.5% y 74.2% respectivamente (ver anexo 15).



#### 4.2.2. Índice de semilla



**Figura 37**

Índice de grano (gramos / grano de cacao seco) en los métodos de secado.

Considerando NTP ISO 2451 (2006), para cada método de la investigación, en el estudio obtuvimos al método “Marquesina” con el mejor índice de semilla (1.47 g/grano) mientras que en la “Manta” con el menor índice (1.00 g/grano de cacao).

Para el grado de fermentación, ninguno de los tratamientos aplicados sobrepasó en porcentaje de fermentación obtenido para el del tratamiento testigo, siendo un resultado inesperado, ya que se consideraba que el tratamiento marquesina o bandeja corrediza, al estar mejor tratados (cubiertos bajo techo, implementados con mallas metálicas para su mejor aireación), iban a tener mejores resultados que la del testigo. Posiblemente debido a las muchas lluvias ocurridas durante la investigación, provocaron la irregularidad de la temperatura durante el secado y a la vez afectaron la calidad física de los tratamientos.

### 4.3. Efecto de los métodos de secado de grano de cacao (*Theobroma Cacao L.*), en la eficiencia del descascarillado.

#### 4.3.1. Rendimiento en el proceso de descascarillado

En este caso, nos propusimos encontrar la mejor manera de desgranar los granos con eficacia y, al mismo tiempo, preservar sus propiedades físicas a lo largo de los procesos de secado y envasado.

**Tabla 11**

*Pesos medidos durante las operaciones de tostado, triturado y descascarillado por los métodos de secado*

Método	Pesos promedio (g) de las operaciones del descascarillado					
	Peso inicial de cacao seco (g)	Tostado (g)	Triturado (g)	Descascarillado		
				Nibs (g)	Cascarilla (g)	Mermas (g)
Marquesina	1000.0	947.7	946.3	555.0	389.0	2.3
Bandeja corrediza	1000.0	950.3	949.0	599.0	344.0	6.0
Manta	1000.0	943.0	940.3	598.0	339.3	3.0
Grainpro	1000.0	951.0	950.7	544.7	402.7	3.3
Testigo	1000.0	951.0	948.3	616.0	328.0	4.3
Promedio	1000.0	948.6	946.9	582.5	360.6	3.8

En la tabla 11, se observa los pesos obtenidos en cada operación para cada tratamiento, iniciando para todos los métodos con 1000 gramos. El peso promedio para el tostado fue de 948.6 gramos, el triturado con 946.9 gramos, en el descascarillado para los nibs se obtuvo 582.5 gramos y en cascarilla 360.6 gramos. Dejando una pérdida de 3.8 g en promedio en la descascarilladora.

**Tabla 12**

*Porcentaje en las operaciones de tostado, triturado y descascarillado en los métodos de secado*

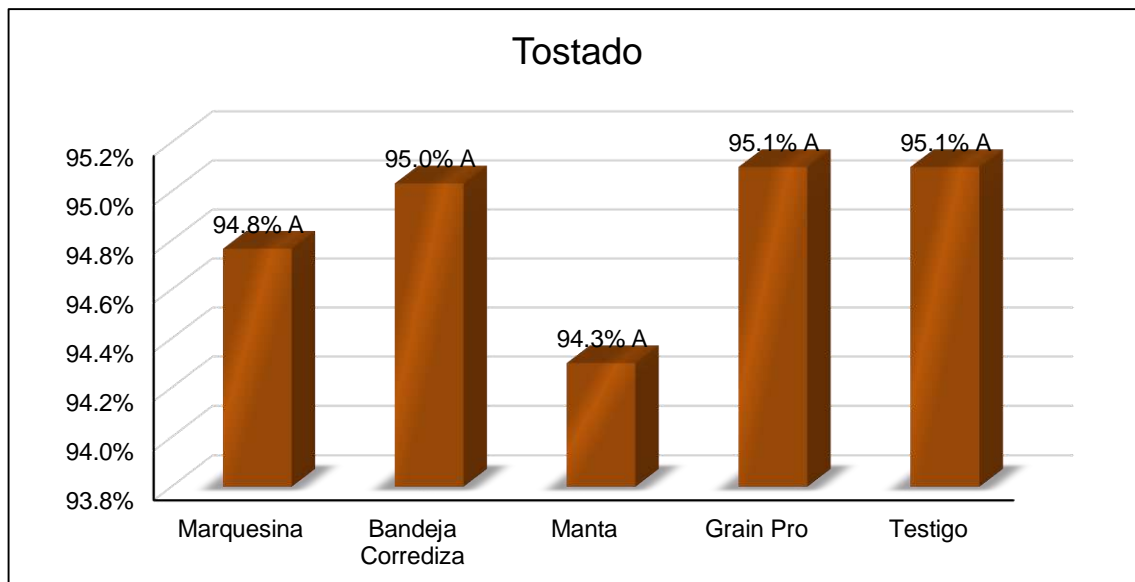
Método	Porcentaje promedio (%) de las operaciones del descascarillado							
	% Tostado		% Triturado		% Descascarillado			
					% Nibs	% Cascarilla		
Marquesina	94.8	±1.6	94.6	±1.7	55.5	±3.8	38.9	±2.3
Bandeja corrediza	95.0	±0.6	94.9	±0.5	59.9	±2.2	34.4	±2.6
Manta	94.3	±2.3	94.0	±2.3	59.8	±7.6	33.9	±5.7
Grainpro	95.1	±1.3	95.1	±1.3	54.5	±5.5	40.3	±6.2
Testigo	95.1	±2.1	94.8	±2.0	61.6	±2.3	32.8	±4.2
Promedio		94.9		94.7		58.3		36.1
Mínimo		94.3		94.0		54.5		32.8
Máximo		95.1		95.1		61.6		40.3
Desviación estándar		1.44		1.46		4.92		4.87
Coficiente de Variación		1.52%		1.54%		8.45%		13.51%
Test Duncan al p<0.05 y p<0.01		0.0242*		0.0223*		0.0861		0.0571*

\*Diferencias estadísticas al p<0.05

En la tabla 12, se presentan los porcentajes promedios de cada operación hasta llegar al descascarillado; habiendo diferencia significativa en todas las operaciones a excepción del % de Nibs (Eficiencia en el descascarillado).

#### 4.3.1.1. Porcentaje de cacao tostado

El análisis de varianza con  $p < \text{valor de } 0.0242$  del modelo estadístico, indica al 95% de confiabilidad significancia en las repeticiones mas no en los tratamientos (ver anexo 16).



**Figura 38**

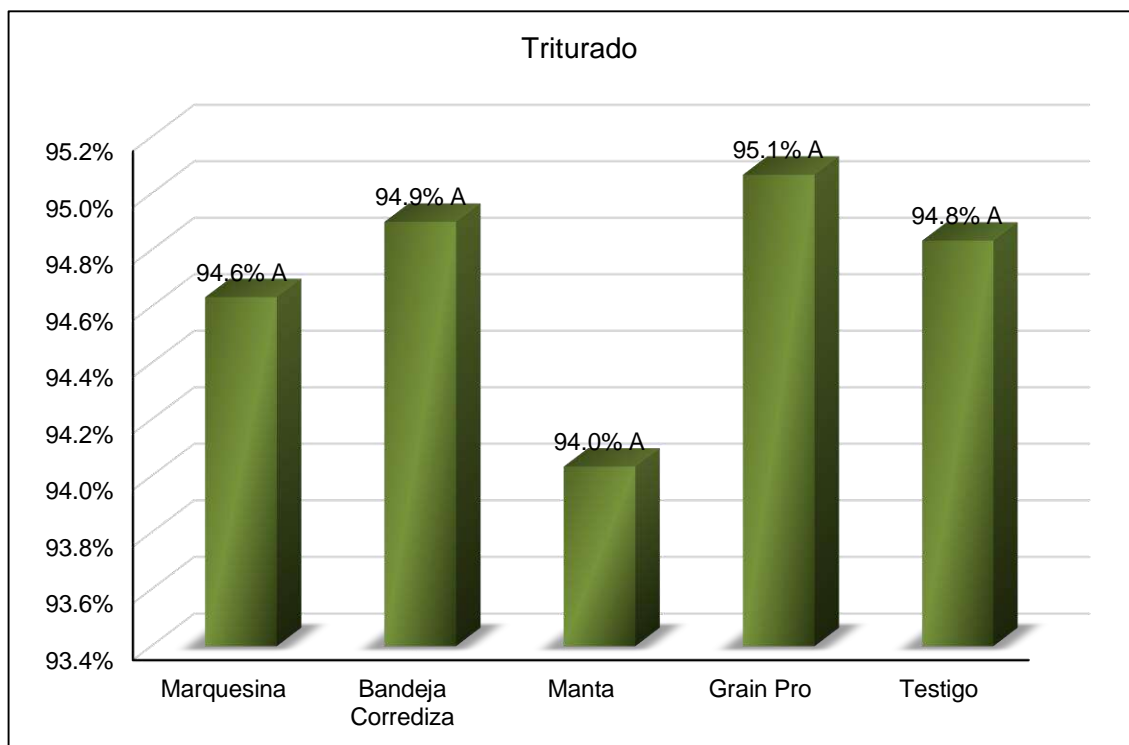
Porcentaje del peso de tostado en función a los métodos de secado.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 38, en el tostado, el porcentaje con mayor rendimiento en esta operación lo obtuvieron la muestra testigo y Grainpro con 95.1% de rendimiento porcentual. La prueba de Duncan para el tostado en los métodos de secado no muestra diferencias significativas al 95% de nivel de confiabilidad.

#### 4.3.1.2. Porcentaje de cacao triturado

Con un nivel de certeza del 95%, el modelo estadístico muestra que: las técnicas de secado tuvieron una influencia significativa en las tres repeticiones. Entre los tratamientos en el triturado de los granos de cacao seco, la diferencia no es significativa, pero las 3 repeticiones aplicadas si lo son, (ver anexo 17).



**Figura 39**

Porcentaje del peso de triturado en función a los métodos de secado.

Fuente: Elaboración propia

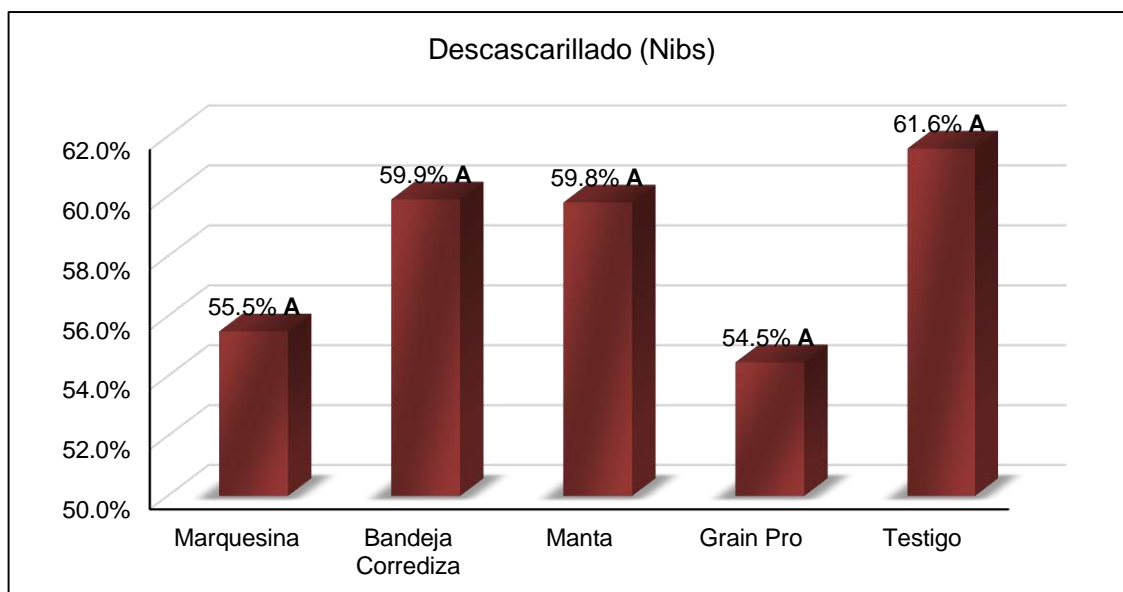
Como se muestra en la figura 39, la operación de triturado no afectó el experimento en el rendimiento porcentual, a excepción de la muestra “Testigo” y “Manta”, que se redujo en un 0.3% con relación al porcentaje de cacao tostado que se tenía.

La prueba de Duncan para el triturado en todos los métodos de secado, indica que la diferencia entre las medias de todos los niveles no es significativa.

Por otra parte no existen valores reportados por autores en esta etapa del proceso. Las operaciones en los granos de cacao en la etapa de triturado están muy relacionadas con el descascarillado.

#### 4.3.1.3. Porcentaje de cacao descascarillado (Nibs)

El análisis de varianza con  $p < \text{valor de } 0.0861$ , no muestra significancia al 95% de nivel de confiabilidad para el modelo estadístico. Pese a ello existen valores altos rescatables en los tratamientos aplicados.



**Figura 40**

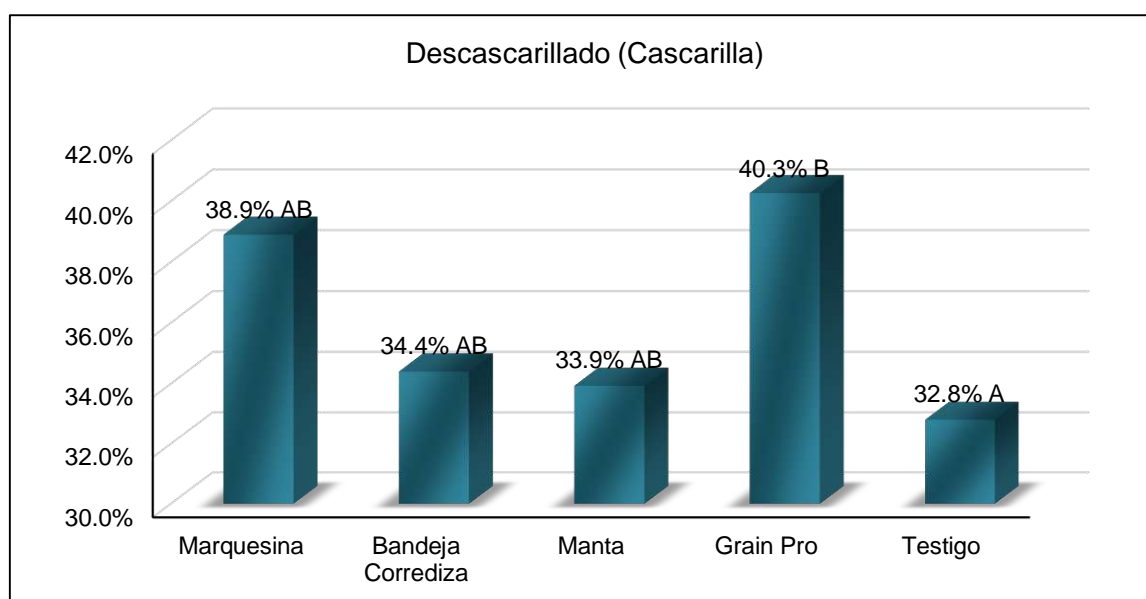
Porcentaje del peso de nibs en función a los métodos de secado.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 40, en la obtención de “Nibs”, el rendimiento para el método “testigo” presentó un 61.6 % de eficiencia, seguido de los tratamientos “manta y bandeja corrediza” con 59.8 y 59.9% respectivamente.

Extrañamente el método marquesina nos mostró uno de los peores rendimientos, atribuyéndole a que la época de lluvia pudo haber influido en ésta evaluación.

#### 4.3.1.4. Porcentaje de cascarilla



**Figura 41**

Porcentaje del peso de cascarilla en función a los métodos de secado.

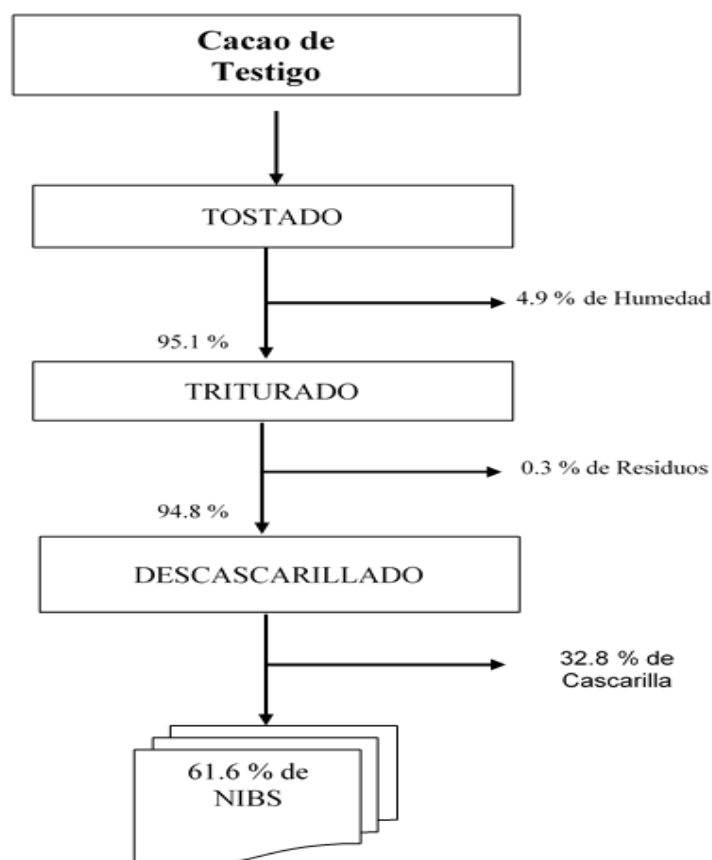
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura 41, el análisis de varianza con  $p < 0.0571$ , si muestra significancia al 95% de nivel de confiabilidad para el modelo estadístico. Al contrario del porcentaje de nibs, ésta variable mostró poca significancia, siendo el tratamiento Grainpro el que obtuvo mayor porcentaje de cascarilla (40.3%) y la muestra testigo la más baja (32.8%)

No se encontró diferencia significativa en el rendimiento porcentual de grano de cacao seco, sin embargo; y aunque el mejor tratamiento fue el testigo, se rescata que otro de los mejores fue la bandeja corrediza con 59.9% de rendimiento o eficiencia en el descascarillado. Valores muy diferentes a lo que reportan Plúa (2008), que obtuvo un promedio de 88 g en el descascarillado, de tres muestras de 100 gramos, dando un porcentaje de 88% en la cantidad de nibs al finalizar la operación.

#### 4.3.2. Flujoograma porcentual de las operaciones en cada método de secado

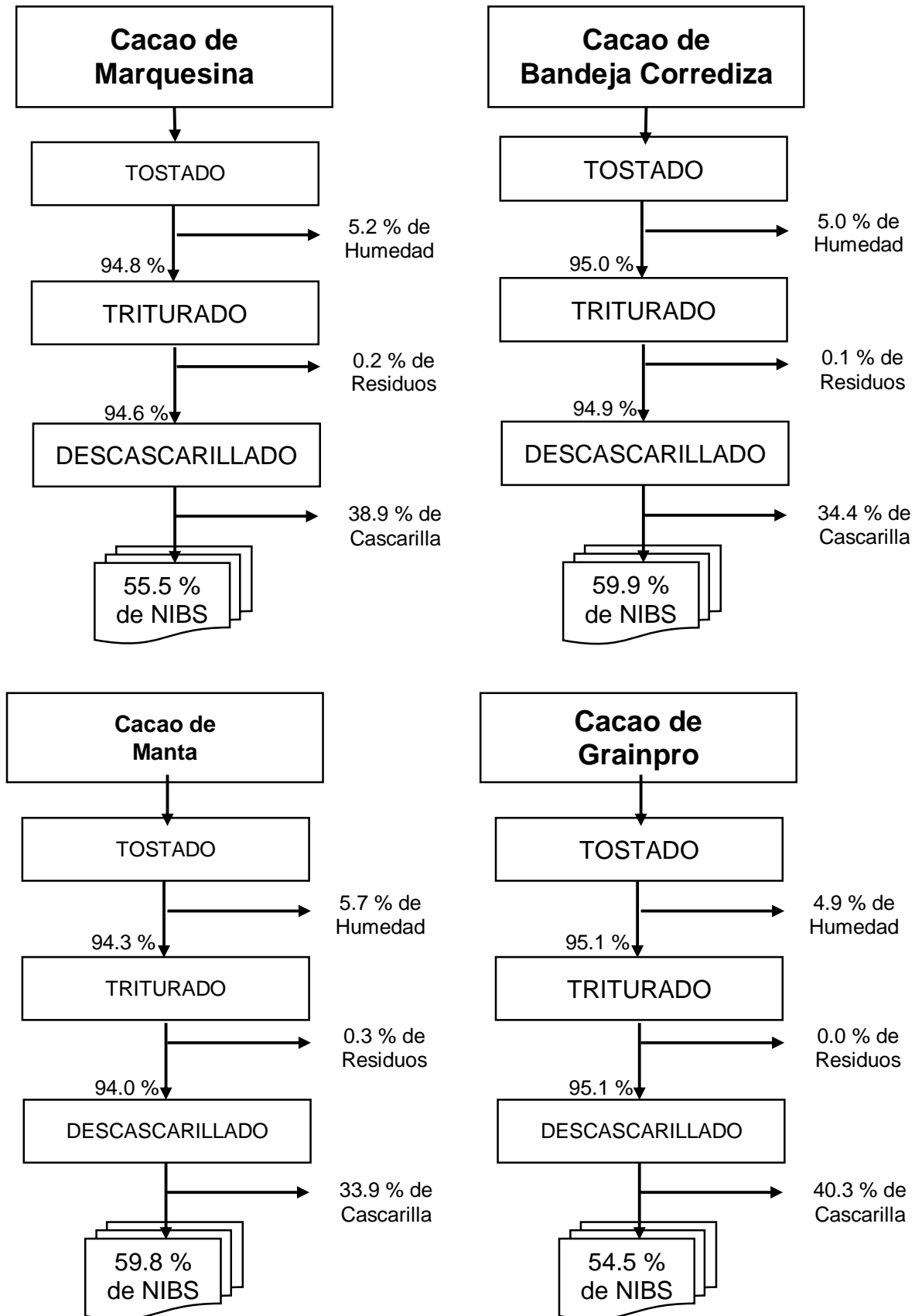
En las figuras 42 y 43, se muestra el flujo de procesos, con los porcentajes obtenidos en la investigación, además se evidencia cuál de ellos obtuvo la mejor eficiencia, a través del porcentaje de nibs obtenido del descascarillado.



**Figura 42**

Flujo de procesos de la eficiencia de descascarillado en el tratamiento testigo

Fuente: Elaboración propia

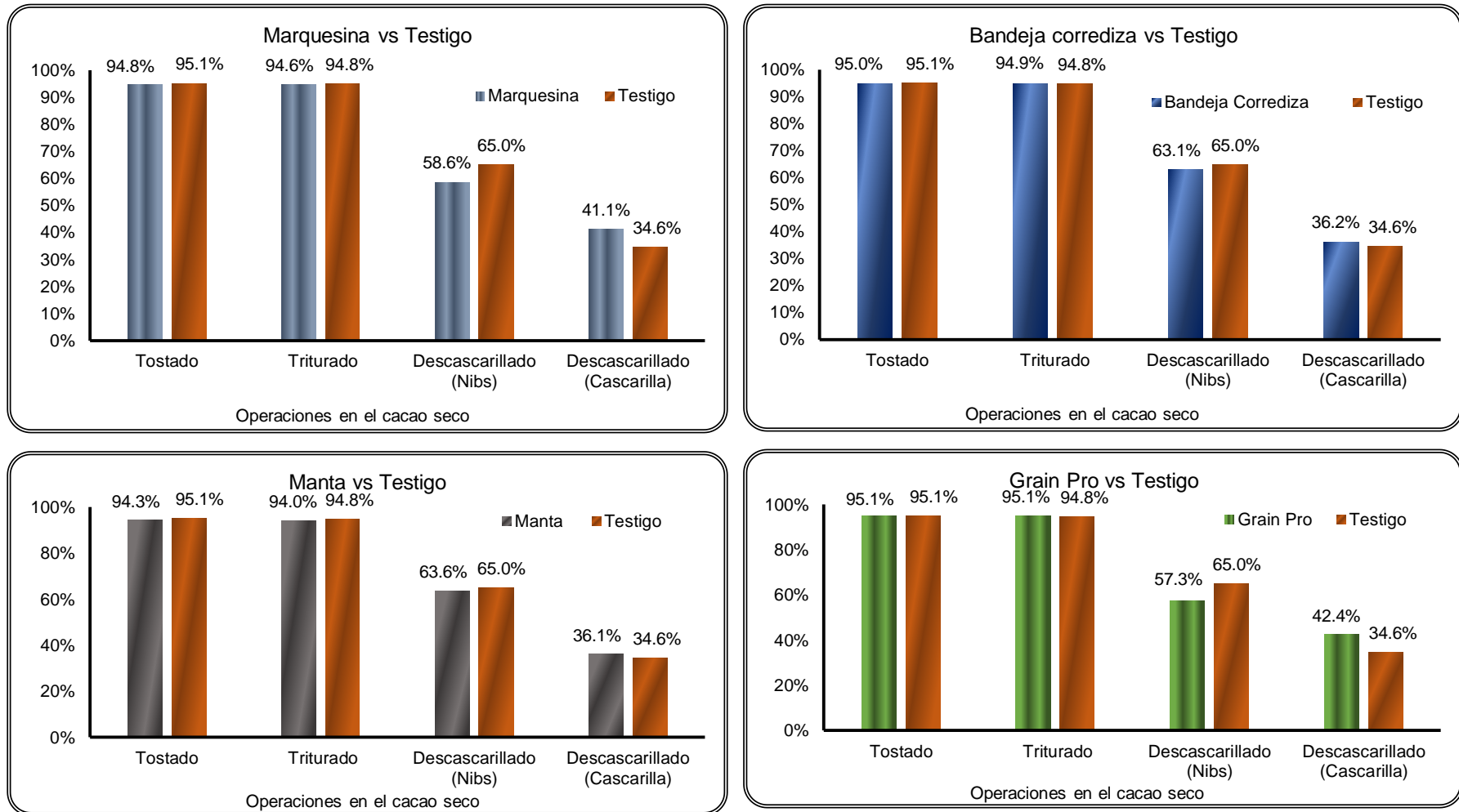


**Figura 43**

Flujo de procesos de la eficiencia de descascarillado en cuatro métodos de secado

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3. Comparaciones de los tratamientos con el testigo en el proceso de descascarillado



**Figura 44**  
Comparaciones gráficas de la eficiencia de descascarillado de los tratamientos con el testigo



## CONCLUSIONES

1. En la primera etapa del estudio de las evaluaciones registradas durante el secado de granos de cacao, se determinó que el método de Bandeja Corrediza, es la mejor, debido a su comportamiento durante el secado, ya que se obtiene una curva de humedad aceptable, con un pH final  $> 5.1$ , densidad de 1.23 g/ml, grado de fermentación  $> 70\%$  y una eficiencia en el descascarillado de 60%, parámetros requeridos en las normas técnicas.
2. En relación al pH final del grano seco, luego del proceso de secado, el resultado en todos los tratamientos cumple con los términos aceptables para el cacao comercial, cuyo valor de pH es de 5 y es considerado óptimo.
3. La densidad aparente mostró una curva poco lógica, no se pudo determinar que afecta esta variable y porque se comporta irregularmente. En el caso del método marquesina obtuvo el mayor promedio en la densidad con 1.389 g/ml y la bandeja corrediza obtuvo el menor valor con 1.3 g/ml, lo que significa que, a menor densidad aparente, mayor es el volumen del grano de cacao seco; y a mayor volumen del cacao mayor es el grado de fermentación.
4. La calidad física del grano de cacao seco; determinada por el porcentaje de fermentación, el índice de grano y porcentaje de defectos; muestran una relación directa con los tratamientos de secado y terminaron siendo aceptables. Como lo muestra el método testigo con un porcentaje de fermentación alto de 83.8 % y la marquesina con el menor porcentaje de fermentación 72.9 %. Mientras tanto la marquesina obtuvo el mejor índice de semilla con 1.47 gramos/grano de cacao y la manta el peor índice con 1.00 gramo/grano de cacao.
5. El rendimiento del cacao mostró el mejor tratamiento al testigo con un 61.6 % de eficiencia, seguido de la bandeja corrediza con 59.9 %.

## RECOMENDACIONES

1. Estudiar el comportamiento de los granos de cacao en el proceso de secado, con horas de remociones diferentes a lo investigado, también incluir análisis proximal en muestras totalmente secas.
2. Realizar la elaboración de pasta o licor de cacao para el análisis sensorial de todos los métodos de secado aplicados en la investigación, para las comparaciones respectivas con los análisis físico-químicos.
3. Calcular la densidad real para futuros trabajos de investigación.
4. Establecer y comparar otras condiciones climáticas y variedades de cacao en el proceso de secado de los granos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acebey, G y Rodriguez, A. 2002. *Manual sobre el manejo poscosecha del cacao*. Republica Dominicana : Confederación Nacional de Cacao cultores dominicanos, 2002.
- ACOPAGRO, Cooperativa Agraria Cacaotera. 2015. *Manual BPM: Cosecha, poscosecha y control de calidad de cacao*. Juanjui-San Martín : s.n., 2015.
- Alcocer, Elsa y Sandy, Ximena. 2015. *Manual de control de calidad en laboratorio y centro de acopio*. Bolivia : Wildlife Conservation Society (WCS), 2015.
- Amores, Freddy. 2004. *Cacaos finos y ordinarios*. In taller internacional de calidad : s.n., 2004.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. 2000. *Official methods of analysis. 18th Edition*. Gaithersburg, Maryland. USA. Cap. 31. p. 1-17. : s.n., 2000.
- Barros, Ovidio. 1970. *El cacao en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Cacao. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira. Bogota– Colombia. pp 68 : s.n., 1970.
- CATIE-FHIA. 1989. *Beneficio de Cacao. Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología sobre el Cultivo del Cacao*. Honduras, pp. 16 : s.n., 1989.
- Cros, E., y otros. 1994. *Relation précurseurs développement de l'arôme cacao*. In 11°. Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, (11, 1993, Coted' Ivoire) Memorias, Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. Pag 723–726 : s.n., 1994.
- Dostert, N, y otros. 2011. *Hoja botánica: Cacao*. Primera edición. pp 20 : s.n., 2011.
- Enríquez, G. y Soria, J. 1967. *Catalogo de Cultivares de Cacao*. IICA. Sp : s.n., 1967.
- Enríquez, G.A. 1995. *Beneficio del cacao*. Quito, Ecuador. INIAP. Boletín Divulgativo N° 254. pp 11 : s.n., 1995.
- Grainpro, INC - Storing in future. 2013. *Collapsible Dryer Case II™*. Recuperado el 15 de octubre de 2016 en [http://grainpro.com/gpi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=121&Itemid=1652](http://grainpro.com/gpi/index.php?option=com_content&view=article&id=121&Itemid=1652) : s.n., 2013.
- Guerrero, Miriam. 2007. *Diagnostico y propuesta de paramteros para la estandarización y homogenización del tratamiento poscosecha de cacao*. Cooperación andina de

- fomento. Proyecto de competitividad-Programa de apoyo a la competitividad, gobernabilidad e inversión social. pp 78 : s.n., 2007.
- Gutierrez. 2007. *Manual de prácticas de control de calidad de cacao en el centro de acopio*. Gobierno Regional de Piura. pp 12 : s.n., 2007.
- INIAP. 2009. *Manual del cultivo de cacao para la amazonía ecuatoriana*. Manual N° 76. Quito, Ecuador. Recuperado el, [http://www.iica.int.ni/Estudios\\_PDF/cultivoCacaoEcuador.pdf](http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/cultivoCacaoEcuador.pdf) : s.n., 2009.
- Jiménez, J. 2000. *Efectos de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao theobroma cacao. Cultivados en la zona de Quevedo, Provincia de los Ríos*. Tesis de Ing. Agr. Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador. Pag 57 : s.n., 2000.
- Liendo. 2005. *Procesamiento del cacao para la fabricación de chocolate y sus productos*. INIA, Maracay, Estado de Aragua. Reucperado por [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/inia\\_divulga/numero%206/liendo\\_r.pdf](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%206/liendo_r.pdf) : s.n., 2005.
- Llano, E. 1947. *Cultivo del cacao*. Publicaciones del Ministerio de la Economía Nacional. Bogota – Colombia. pp 100 – 111 : s.n., 1947.
- Martines L., Enrique y Lira C., Leonel. 2010. *Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en solidos*. Centro Nacional de Metrología. Querétaro. Mexico. pag-3 : s.n., 2010.
- Ministerio de Agricultura, MINAG. 2004. *Manual de cultivo de cacao*. Programa para el desarrollo de la amazonía, PROAMAZONÍA, Perú, pp 63 : s.n., 2004.
- Moreira, D.M. 1994. *La calidad del cacao*. Revista INIAP N°4,24 y 26 : s.n., 1994.
- Nogales, J, Graziani de Fariñas, L y Ortiz de Bertorelli, L. 2006. *Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera*. Agronomía Trop. 56 (1): 5-20 : s.n., 2006.
- NTP ISO 1114. 2006. *Granos de cacao: Prueba de corte*. Indecopi, Perú : s.n., 2006.
- NTP ISO 2451. 2006. *Granos de cacao: Especificaciones*. Indecopi, Perú : s.n., 2006.
- Ortiz de Bertorelli, L, Graziani de Fariñas, L y Rovedas, G. 2009. *Influencia de varios factores sobre las características de grano de cacao fermentado y secado al sol*. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado de Aragua, Venezuela : s.n., 2009.

- Ortiz de Bertorelli, Ligia, Camacho, Gustavo y Graziani de Fariñas, Lucía. 2004. *Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Estado Aragua. Venezuela. Recuperado el 11 de noviembre de 2016 en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2004000100003](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100003) : s.n., 2004.
- Pastorelly, David. 1992. *Evaluación de algunas características del cacao tipo nacional de la colección de la zona de Tenguel*. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. : pp114, 1992.
- Plúa. 2008. *Diseño de una Línea Procesadora de Pasta de Cacao Artesanal*. Guayaquil, Ecuador. pp 127. Recuperado el [www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2400/1/4740.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2400/1/4740.pdf) : s.n., 2008.
- Pomeranz, Y y Meloan, C. 1971. *Food Analysis: Theory and Practice*. . Wetport: The Avi Publishing Company. pp 481-652 : s.n., 1971.
- Quiroz, J. 2002. *Caracterización molecular y morfológica de genotipos superiores con características de Cacao Nacional (Theobroma cacao L.) de Ecuador*. Tesis Mag. Sci. CATTIE, Turrialba, Costa Rica. pag 111 : s.n., 2002.
- Ramos, G. 2004. *La fermentación, el secado y almacenamiento del cacao*. In taller internacional de calidad integral de cacao teoría y práctica (15-17 nov./2004, Quevedo, Ecuador). Memorias INAP. Quevedo, Ecuador, pp 1-8 : s.n., 2004.
- Ramos, G y Azócar, A. 2000. *Manual del productor de cacao, Mérida*. Venezuela. : pp 24, 32, 2000.
- Rodriguez, N. 2006. *Beneficio del cacao (Theobroma cacao L.)*. Facultad de Agronomía de la U.C.V. Departamento e Instituto de Agronomía, Venezuela. pp 32 : s.n., 2006.
- Rojas, A. 2010. *Caracterización físico-mecánica de la semilla de vitabosa (Mucuna deeringiana)*. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Pos grado Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, Colombia. pp 35 : s.n., 2010.
- Rondón, José y Cumama, Luis. 2005. *Taxonomía del genero Theobroma (Sterculiaceae) en Venezuela*. Sucre, Venezuela. Recuperado el 09 de agosto de 2016 en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062005000100007](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062005000100007) : s.n., 2005.

- Sanchez, Viviana. 2007. *Caracterización organoléptica de cacao (Theobromaa cacao L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interes comercial*. Tesis Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. Pag 54 : s.n., 2007.
- Santibañez, Claudia. s.f.. *Area tematica. Determinación de pH y conductividad electrica*. Universidad de Chile. Recuperado el 03 de Marzo de 2016, de [http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio\\_mod1.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/medio_mod1.pdf) : s.n., s.f.
- Vivas, Jorge y Reyes, Humberto. 1972. *Cacao, fermentación y secado*. Ministerio de Agricultura y Cria. Estación Experimental de Cacagua, Estado de Aragua, Venezuela. : pp. 48, 1972.
- Walther, P. 1977. *Manual de producción, control de calidad y distribución de semilla de cereales*. FAO, Roma, Italia. pp 89 : s.n., 1977.
- World Cacao Foundati6n. 2004. *Cocoa Market Update*. Recuperado el 04 de enero de 2017, de <http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/Cocoa-Market-Update-as-of-4-1-2014.pdf>. 2004.

## ANEXOS

Anexo 1. Tratamientos en el secado aplicados al cacao (*Theobroma cacao L.*)

## Anexo 2. Procedimiento para la medición del pH





**Anexo 3.** Determinación de la densidad aparente y el % de humedad en el cacao

**Anexo 4.** Registro fotográfico de las operaciones hasta el descascarillado



## Anexo 6.

## Valores observados de humedad base seca en el experimento para los cuatro métodos utilizados en los granos de cacao secos

Ho ras	Marquesina				Bandeja				Manta				Grainpro				Testigo			
	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	P R	R1	R2	R3	P R	R1	R2	R3	P R
0	0.6 33	0.6 64	0.6 56	0.6 51	0.6 33	0.6 64	0.6 56	0.6 51	0.6 33	0.6 64	0.6 56	0. 65	0.6 33	0.6 64	0.6 56	0. 65	0.6 33	0.6 64	0.6 56	0. 65
4	0.6 24	0.6 47	0.5 52	0.6 08	0.6 29	0.6 61	0.6 04	0.6 32	0.7 51	0.6 57	0.6 25	0. 68	0.6 21	0.6 61	0.5 49	0. 61	0.6 19	0.6 50	0.5 05	0. 59
8	0.6 26	0.6 41	0.5 95	0.6 21	0.6 02	0.3 89	0.4 66	0.4 85	0.5 84	0.6 58	0.5 33	0. 59	0.6 24	0.6 19	0.5 09	0. 58	0.6 48	0.3 32	0.4 50	0. 48
12	0.5 57	0.6 51	0.5 19	0.5 76	0.6 50	0.5 60	0.4 25	0.5 45	0.5 38	0.6 60	0.5 20	0. 57	0.6 26	0.6 48	0.4 85	0. 59	0.6 00	0.5 32	0.4 01	0. 51
24	0.5 44	0.6 29	0.3 87	0.5 20	0.4 85	0.4 56	0.4 06	0.4 49	0.6 21	0.6 16	0.4 29	0. 56	0.5 57	0.6 00	0.3 93	0. 52	0.5 92	0.4 23	0.3 65	0. 46
28	0.6 26	0.7 51	0.5 60	0.6 46	0.5 54	0.4 20	0.5 53	0.5 09	0.6 24	0.4 69	0.5 21	0. 54	0.4 85	0.5 92	0.4 21	0. 50	0.5 77	0.1 94	0.4 13	0. 39
32	0.5 12	0.5 84	0.4 01	0.4 99	0.5 55	0.5 11	0.4 19	0.4 95	0.6 26	0.4 95	0.3 93	0. 50	0.5 54	0.5 77	0.3 49	0. 49	0.4 85	0.4 23	0.2 43	0. 38
36	0.4 87	0.5 38	0.2 37	0.4 20	0.5 36	0.4 60	0.2 73	0.4 23	0.5 57	0.7 05	0.3 82	0. 55	0.5 55	0.5 93	0.4 10	0. 52	0.5 54	0.5 32	0.4 60	0. 52
48	0.3 93	0.5 29	0.3 12	0.4 11	0.3 49	0.4 59	0.1 72	0.3 27	0.6 24	0.3 44	0.3 31	0. 43	0.5 36	0.4 21	0.2 91	0. 42	0.5 55	0.4 04	0.4 42	0. 47
52	0.3 46	0.4 82	0.2 94	0.3 74	0.2 55	0.3 82	0.1 44	0.2 60	0.6 29	0.4 48	0.2 95	0. 46	0.4 32	0.4 64	0.2 44	0. 38	0.5 36	0.4 00	0.4 28	0. 45
56	0.3 49	0.4 64	0.2 42	0.3 52	0.2 71	0.3 93	0.1 40	0.2 68	0.6 02	0.4 46	0.2 40	0. 43	0.3 65	0.5 37	0.2 23	0. 38	0.4 32	0.3 91	0.3 15	0. 38
60	0.4 46	0.4 56	0.1 15	0.3 39	0.2 24	0.3 03	0.1 13	0.2 13	0.6 50	0.5 72	0.1 69	0. 46	0.2 61	0.4 41	0.2 16	0. 31	0.3 96	0.4 02	0.3 52	0. 38
72	0.2 23	0.4 32	0.1 07	0.2 54	0.1 86	0.3 03	0.1 11	0.2 00	0.4 32	0.5 06	0.1 62	0. 37	0.1 69	0.5 48	0.1 49	0. 29	0.3 62	0.3 44	0.1 70	0. 29
76	0.2 17	0.3 65	0.1 23	0.2 35	0.1 44	0.2 83	0.1 19	0.1 82	0.3 65	0.3 96	0.1 68	0. 31	0.1 86	0.5 13	0.1 41	0. 28	0.2 51	0.3 19	0.1 60	0. 24
80	0.1 66	0.2 61	0.1 08	0.1 78	0.1 78	0.2 36	0.1 12	0.1 75	0.2 61	0.3 62	0.1 63	0. 26	0.1 44	0.2 70	0.1 35	0. 18	0.2 28	0.2 41	0.1 85	0. 22
84	0.1 40	0.1 69	0.1 92	0.1 34	0.1 85	0.1 74	0.1 02	0.1 54	0.1 69	0.2 51	0.1 56	0. 19	0.1 78	0.3 15	0.1 71	0. 22	0.1 63	0.1 34	0.1 64	0. 15
96	0.1 29	0.1 40	0.1 17	0.1 29	0.1 43	0.1 24	0.1 13	0.1 27	0.1 29	0.2 28	0.1 61	0. 17	0.1 85	0.3 14	0.1 71	0. 22	0.1 53	0.2 02	0.1 81	0. 18
100	0.1 30	0.1 90	0.1 09	0.1 43	0.1 58	0.1 61	0.1 14	0.1 44	0.1 30	0.1 63	0.1 53	0. 15	0.1 40	0.3 02	0.1 81	0. 21	0.1 45	0.1 92	0.2 14	0. 18
104	0.1 19	0.1 27	0.1 10	0.1 19	0.1 11	0.1 06	0.1 11	0.1 09	0.1 19	0.2 46	0.1 45	0. 17	0.1 90	0.3 39	0.1 84	0. 24	0.1 28	0.2 19	0.2 01	0. 18
108	0.1 11	0.1 07	0.0 99	0.1 06	0.1 07	0.1 08	0.1 06	0.1 07	0.1 11	0.2 80	0.1 28	0. 17	0.1 27	0.3 03	0.1 76	0. 20	0.1 47	0.1 96	0.1 66	0. 17
120	0.0 95	0.1 05	0.0 88	0.0 96	0.1 18	0.1 29	0.1 02	0.1 16	0.0 85	0.2 57	0.1 47	0. 16	0.1 07	0.2 73	0.1 76	0. 19	0.1 17	0.1 99	0.2 33	0. 18
124	0.1 14	0.1 17	0.0 95	0.1 08	0.1 28	0.1 38	0.1 10	0.1 25	0.0 79	0.2 27	0.1 38	0. 15	0.1 05	0.2 38	0.2 25	0. 19	0.0 99	0.2 15	0.2 72	0. 20
128	0.1 03	0.0 99	0.0 81	0.0 94	0.1 03	0.1 26	0.0 96	0.1 08	0.0 94	0.2 55	0.1 84	0. 18	0.1 17	0.2 72	0.1 96	0. 19	0.1 01	0.1 84	0.1 48	0. 14
132	0.0 94	0.1 01	0.0 75	0.0 90	0.1 22	0.1 22	0.0 94	0.1 13	0.0 70	0.2 91	0.1 51	0. 17	0.0 99	0.3 12	0.2 11	0. 21	0.0 79	0.1 99	0.1 28	0. 14
144	0.0 85	0.0 89	0.0 76	0.0 83	0.0 85	0.1 00	0.0 87	0.0 91	0.0 76	0.2 14	0.1 05	0. 13	0.1 01	0.2 14	0.1 85	0. 17	0.0 78	0.1 81	0.1 00	0. 12
148	0.0 79	0.0 78	0.0 78	0.0 78	0.0 79	0.1 14	0.0 79	0.0 91	0.0 78	0.2 23	0.1 17	0. 14	0.0 79	0.2 23	0.1 06	0. 14	0.0 67	0.1 17	0.1 14	0. 10
152	0.0 94	0.0 90	0.0 67	0.0 84	0.0 94	0.0 95	0.0 93	0.0 94	0.0 67	0.1 62	0.0 99	0. 11	0.0 93	0.1 62	0.1 14	0. 12	0.0 68	0.1 04	0.0 95	0. 09
156	0.0 70	0.0 72	0.0 68	0.0 70	0.0 70	0.0 76	0.0 78	0.0 75	0.0 68	0.1 41	0.1 01	0. 10	0.0 78	0.1 13	0.0 91	0. 09	0.0 74	0.0 66	0.0 76	0. 07

Fuente: Elaboración propia

### Anexo 7.

#### Análisis de varianza de la humedad base seca, en función del tiempo y métodos de secado.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Humedad en base seca	140	0.94	0.94	15.46

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Evaluado	p-valor
<b>Modelo</b>	10	4.40	0.44	209.54	0.0001
<b>Bloque</b>	6	4.31	0.72	342.00	0.0001
<b>Tratamiento</b>	4	0.09	0.02	10.85	0.0001
<b>Error</b>	129	0.27	2.1E-03		
<b>Corrección Total</b>	139	4.67			

Fuente. Elaboración propia

**Anexo 8.****Prueba de Duncan de la humedad base seca en función del tiempo y métodos de secado.**

Test: Duncan Alfa=0.05						
Error: 0.0021 gl: 129						
Tratamientos	Medias	n	E.E.			
Bandeja	0.26	28	0.01	a		
Marquesina	0.28	28	0.01		b	
Testigo	0.29	28	0.01		b	
Grainpro	0.32	28	0.01			c
Manta	0.33	28	0.01			c
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )						

**Anexo 9. Valores observados de pH en el experimento para los cuatro métodos utilizados en los granos de cacao secos**

Horas	Marquesina				Bandeja				Manta				Grainpro				Testigo			
	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR
0	4.52	4.47	4.50	4.50	4.52	4.47	4.50	4.50	4.52	4.47	4.50	4.50	4.52	4.47	4.50	4.50	4.52	4.47	4.50	4.50
4	4.46	4.41	4.56	4.48	4.33	4.28	4.49	4.37	4.65	4.60	4.56	4.60	4.61	4.41	4.47	4.50	4.45	4.40	4.45	4.43
8	4.55	4.48	4.49	4.51	4.34	4.42	4.41	4.39	4.74	4.47	4.49	4.57	4.69	4.48	4.48	4.55	4.57	4.56	4.40	4.51
12	4.54	4.47	4.65	4.55	4.33	4.41	4.49	4.41	4.73	4.46	4.65	4.61	4.69	4.47	4.43	4.53	4.55	4.55	4.44	4.51
24	4.68	4.64	4.78	4.70	4.41	4.50	4.58	4.50	4.90	4.65	4.79	4.78	4.78	4.54	4.70	4.67	4.62	4.75	4.67	4.68
28	4.71	4.72	4.75	4.73	4.45	4.49	4.55	4.50	4.98	4.81	4.72	4.84	4.72	4.68	4.63	4.68	4.63	4.67	4.57	4.62
32	4.74	4.68	4.79	4.74	4.44	4.61	4.55	4.53	5.03	4.89	4.79	4.90	4.79	4.77	4.72	4.76	4.65	4.85	4.69	4.73
36	4.80	4.84	4.82	4.82	4.46	4.59	4.65	4.57	5.02	4.99	4.86	4.96	4.82	4.81	4.77	4.80	4.65	4.81	4.76	4.74
48	4.90	4.90	4.81	4.87	4.62	4.74	4.69	4.68	5.21	5.12	4.87	5.07	5.07	5.02	4.78	4.96	4.89	4.87	4.90	4.89
52	4.96	5.01	4.84	4.94	4.71	4.76	4.70	4.72	5.34	5.19	4.79	5.11	5.07	5.14	4.77	4.99	4.84	4.96	4.98	4.93
56	4.97	5.07	4.80	4.95	4.77	4.78	4.67	4.74	5.34	5.21	4.93	5.16	4.97	5.17	4.81	4.98	4.78	5.11	4.82	4.90
60	4.93	5.07	4.79	4.93	4.81	4.88	4.70	4.80	5.28	5.26	4.90	5.15	5.01	5.24	4.76	5.00	4.82	4.92	4.91	4.88
72	5.01	5.07	4.78	4.95	4.90	4.87	4.71	4.83	5.56	5.23	4.92	5.24	5.10	5.28	4.82	5.07	5.13	5.01	4.84	4.99
76	5.03	5.08	4.76	4.96	4.88	4.89	4.71	4.83	5.42	5.26	4.90	5.19	5.16	5.37	4.79	5.11	4.99	5.17	4.80	4.99
80	5.06	5.14	4.81	5.00	4.92	4.90	4.69	4.84	5.16	5.33	4.92	5.14	5.34	5.33	4.81	5.16	5.29	5.36	4.90	5.18
84	5.06	5.21	4.79	5.02	4.98	4.88	4.74	4.87	5.42	5.27	4.94	5.21	5.31	5.46	4.86	5.21	5.20	4.92	4.84	4.99
96	5.07	5.17	4.71	4.98	4.80	4.89	4.69	4.79	5.51	5.48	4.77	5.25	5.30	5.71	4.70	5.24	5.21	5.40	4.72	5.11
100	5.09	5.14	4.84	5.02	4.81	4.96	4.75	4.84	5.60	5.44	4.88	5.31	5.33	5.66	4.93	5.31	5.26	5.39	4.98	5.21
104	5.16	5.15	4.72	5.01	4.93	4.82	4.58	4.78	5.53	5.39	4.77	5.23	5.26	5.69	4.70	5.22	5.24	5.33	4.70	5.09
108	5.10	5.23	4.76	5.03	4.88	4.89	4.75	4.84	5.69	5.43	4.80	5.31	5.38	5.75	4.71	5.28	5.26	5.33	4.74	5.11
120	5.17	5.23	4.94	5.11	4.93	4.90	5.17	5.00	5.52	5.48	5.01	5.34	5.30	5.84	5.03	5.39	5.24	5.30	5.17	5.24
124	5.09	5.30	4.92	5.10	4.88	4.89	5.17	4.98	5.42	5.44	4.86	5.24	5.42	5.77	5.08	5.42	5.23	5.33	5.17	5.24
128	5.37	5.26	4.97	5.20	4.93	4.93	5.16	5.01	5.65	5.43	5.16	5.41	5.26	5.80	4.97	5.34	5.26	5.27	5.16	5.23
132	5.25	5.15	4.95	5.12	5.05	4.90	5.17	5.04	5.62	5.57	5.09	5.43	5.31	5.97	5.03	5.44	5.23	5.32	5.17	5.24
144	5.20	5.20	4.95	5.12	5.15	4.80	5.18	5.04	5.74	5.60	5.15	5.50	5.35	5.77	5.05	5.39	5.27	5.82	5.18	5.42
148	5.11	5.23	5.11	5.15	5.20	4.84	5.20	5.08	5.78	5.68	5.13	5.53	5.78	5.79	5.10	5.56	5.30	5.75	5.20	5.42
152	5.40	5.26	5.23	5.30	5.22	4.88	5.22	5.11	5.77	5.65	5.20	5.54	5.77	5.80	5.12	5.56	5.33	5.80	5.22	5.45
156	5.30	5.27	5.28	5.28	5.30	4.98	5.19	5.16	5.79	5.75	5.23	5.59	5.79	5.82	5.10	5.57	5.35	5.54	5.19	5.36

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 10.****Análisis de varianza y prueba Duncan del pH, en función a los días y métodos de secado**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> Aj</b>	<b>CV</b>
<b>pH</b>	140	0.95	0.95	1.42

<b>Fuente</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F. Evaluado</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	10	12.60	1.26	251.66	0.0001
<b>Bloque</b>	6	10.46	1.74	348.04	0.0001
<b>Tratamiento</b>	4	2.15	0.54	107.09	0.0001
<b>Error</b>	129	0.65	0.01		
<b>Corrección Total</b>	139	13.25			

Fuente: Elaboración propia.



**Anexo 11.****Prueba de Duncan de la densidad en función del tiempo y métodos de secado.**

Test: Duncan Alfa=0.05								
Error: 0.0050 gl: 129								
Tratamientos	Medias	n	E.E.					
Bandeja	4.78	28	0.01	a				
Marquesina	4.93	28	0.01		b			
Testigo	4.99	28	0.01			c		
Grainpro	5.08	28	0.01				d	
Manta	5.13	28	0.01					e
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )								

**Anexo 12. Valores observados de la densidad aparente en el experimento para los cuatro métodos utilizados en los granos de cacao secos**

Horas	Marquesina				Bandeja				Manta				Grain pro				Testigo			
	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR	R1	R2	R3	PR
0	1.020	1.333	1.885	1.41	1.020	1.333	1.885	1.413	1.020	1.333	1.885	1.413	1.020	1.333	1.885	1.413	1.020	1.333	1.885	1.413
4	1.020	1.512	1.639	1.39	1.333	1.512	1.164	1.336	1.125	1.417	1.612	1.385	1.176	1.668	1.333	1.392	1.096	1.453	1.694	1.414
8	1.250	1.351	1.428	1.34	1.250	1.351	1.428	1.343	1.333	1.298	1.369	1.333	1.176	1.612	1.388	1.392	1.660	1.587	1.351	1.533
12	1.180	1.281	1.250	1.24	1.250	1.281	1.250	1.260	1.134	1.296	1.408	1.279	1.175	1.611	1.298	1.361	1.670	1.589	1.388	1.549
24	1.724	1.333	1.359	1.472	1.612	1.333	1.317	1.421	1.086	1.282	1.136	1.168	1.612	1.449	1.380	1.480	1.923	1.351	1.335	1.536
28	1.694	1.351	1.315	1.45	1.687	1.351	1.428	1.489	1.666	1.388	1.315	1.456	1.428	1.369	1.388	1.395	1.666	1.492	1.250	1.469
32	1.587	1.282	1.449	1.44	1.562	1.282	1.333	1.392	1.369	1.388	1.515	1.424	1.333	1.428	1.190	1.317	1.612	1.428	1.388	1.476
36	1.851	1.250	1.315	1.47	1.851	1.125	1.190	1.389	1.818	1.587	1.250	1.552	1.785	1.204	1.562	1.517	1.851	1.333	1.369	1.518
48	1.428	1.282	1.397	1.37	1.818	1.219	1.202	1.413	1.428	1.538	1.378	1.448	1.612	1.562	1.285	1.486	1.923	1.515	1.384	1.607
52	1.785	1.328	1.562	1.56	1.449	1.314	1.190	1.318	1.369	1.373	1.388	1.377	1.923	1.405	1.265	1.531	1.694	1.411	1.587	1.564
56	1.684	1.351	1.298	1.44	1.785	1.315	1.282	1.461	1.694	1.250	1.298	1.414	1.886	1.265	1.204	1.452	1.818	1.351	1.315	1.495
60	1.369	1.351	1.333	1.35	1.351	1.408	1.136	1.298	1.428	1.333	1.449	1.403	1.408	1.388	1.388	1.395	1.515	1.369	1.250	1.378
72	1.724	1.354	1.293	1.46	1.408	1.320	1.107	1.278	1.538	1.253	1.188	1.326	1.333	1.282	1.221	1.279	1.428	1.360	1.140	1.309
76	1.556	1.428	1.250	1.41	1.418	1.449	1.136	1.334	1.525	1.265	1.250	1.347	1.531	1.136	1.351	1.339	1.665	1.351	1.162	1.393
80	1.388	1.265	1.333	1.33	1.428	1.265	1.176	1.290	1.515	1.388	1.204	1.369	1.470	1.428	1.123	1.340	1.612	1.265	1.136	1.338
84	1.470	1.369	1.298	1.38	1.219	1.351	1.010	1.193	1.265	1.234	1.111	1.203	1.234	1.176	1.190	1.200	1.351	1.282	1.123	1.252
96	1.410	1.269	1.230	1.30	1.410	1.406	1.125	1.314	1.418	1.332	1.215	1.322	1.431	1.386	1.160	1.326	1.360	1.308	1.163	1.277
100	1.333	1.282	1.228	1.28	1.219	1.470	1.136	1.275	1.369	1.449	1.213	1.344	1.315	1.428	1.171	1.305	1.219	1.388	1.163	1.257
104	1.428	1.351	1.321	1.37	1.515	1.515	1.218	1.416	1.282	1.315	1.210	1.269	1.265	1.282	1.185	1.244	1.754	1.388	1.149	1.430
108	1.282	1.176	1.347	1.27	1.219	1.234	1.119	1.191	1.470	1.234	1.315	1.340	1.298	1.449	1.182	1.310	1.428	1.149	1.151	1.243
120	1.250	1.209	1.195	1.22	1.123	1.233	1.155	1.170	1.315	1.164	1.150	1.210	1.470	1.359	1.205	1.345	1.351	1.273	1.159	1.261
124	1.282	1.219	1.190	1.23	1.234	1.250	1.136	1.207	1.123	1.136	1.176	1.145	1.176	1.136	1.219	1.177	1.250	1.204	1.162	1.205
128	1.234	1.204	1.515	1.32	1.123	1.219	1.204	1.182	1.176	1.176	1.190	1.181	1.250	1.428	1.234	1.304	1.190	1.265	1.149	1.201
132	1.333	1.206	1.952	1.50	1.176	1.230	1.222	1.209	1.176	1.182	1.188	1.182	1.190	1.515	1.252	1.319	1.315	1.351	1.156	1.274
144	1.313	1.196	1.872	1.46	1.145	1.225	1.219	1.196	1.316	1.185	1.152	1.218	1.452	1.289	1.315	1.352	1.280	1.182	1.185	1.216
148	1.421	1.179	1.900	1.50	1.162	1.215	1.121	1.166	1.358	1.176	1.168	1.234	1.421	1.515	1.458	1.465	1.295	1.154	1.193	1.214
152	1.410	1.263	1.874	1.52	1.175	1.222	1.284	1.227	1.147	1.183	1.189	1.173	1.437	1.214	1.324	1.325	1.364	1.232	1.215	1.270
156	1.223	1.250	1.815	1.43	1.184	1.234	1.265	1.228	1.215	1.190	1.197	1.201	1.489	1.204	1.347	1.347	1.347	1.250	1.236	1.278

Fuente. Elaboración propia

**Anexo 13.****Análisis de varianza de la densidad, en función del tiempo y métodos de secado.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Densidad aparente	140	0.53	0.49	5.68

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Evaluado	p-valor
<b>Modelo</b>	10	085	0.09	14.60	0.0001
<b>Bloque</b>	6	0.69	0.11	19.55	0.0001
<b>Tratamiento</b>	4	0.17	0.04	7.18	0.0001
<b>Error</b>	129	0.75	0.01		
<b>Corrección Total</b>	139	1.61			

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 14.****Prueba de Duncan de la densidad en función del tiempo y métodos de secado.**

Test: Duncan Alfa=0.05					
Error: 0.0058 gl: 129					
Tratamientos	Medias	n	E.E.		
Bandeja	1.30	28	0.01	a	
Manta	1.31	28	0.01	a	
Grainpro	1.36	28	0.01		b
Testigo	1.37	28	0.01		b
Marquesina	1.39	28	0.01		b
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )					

## Anexo 15.

**Valores de los resultados observados en la evaluación de la calidad del grano de cacao (*Theobroma Cacao L*) en los cuatro métodos de secado.**

Método	Características físicas											
	Bien Fermentado				Parcial/ Fermentado				No Fermentado			
	R1	R2	R3	Media	R1	R2	R3	Media	R1	R2	R3	Media
Marquesina	80.0 %	68.0 %	70.7 %	<b>72.9 %</b>	14.7 %	20.0 %	22.7 %	<b>19.1 %</b>	4.0 %	10.7 %	6.0 %	<b>6.9 %</b>
Bandeja C.	90.0 %	53.0 %	79.7 %	<b>74.2 %</b>	8.0 %	28.3 %	17.3 %	<b>17.9 %</b>	0.3 %	17.3 %	2.0 %	<b>6.5 %</b>
Manta	69.7 %	89.0 %	61.7 %	<b>73.5 %</b>	23.0 %	8.3 %	23.0 %	<b>18.1 %</b>	4.7 %	0.7 %	14.0 %	<b>6.5 %</b>
Grainpro	71.7 %	89.7 %	74.3 %	<b>78.6 %</b>	23.7 %	9.7 %	16.7 %	<b>16.7 %</b>	4.0 %	0.0 %	7.7 %	<b>3.9 %</b>
Testigo	85.0 %	88.3 %	78.0 %	<b>83.8 %</b>	13.0 %	11.0 %	14.7 %	<b>12.9 %</b>	1.0 %	0.0 %	6.0 %	<b>2.3 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

Método	Defectos				% Humedad final				Índice de semilla			
	R1	R2	R3	Media	R1	R2	R3	Media	R1	R2	R3	Media
Marquesina	1.3 %	1.3 %	0.6 %	<b>1.1 %</b>	6.54%	6.71%	6.35%	<b>6.53%</b>	1.4	1.5	1.5	<b>1.47</b>
Bandeja C.	1.7 %	1.4 %	1.0 %	<b>1.4 %</b>	6.54%	7.09%	7.21%	<b>6.95%</b>	1.2	1.12	0.96	<b>1.09</b>
Manta	2.6 %	2.0 %	1.3 %	<b>2.0 %</b>	6.35%	12.36%	9.19%	<b>9.30%</b>	0.97	0.97	1.07	<b>1.00</b>
Grainpro	0.6 %	0.6 %	1.3 %	<b>0.8 %</b>	7.21%	10.14%	8.35%	<b>8.57%</b>	1.0	1.05	1.02	<b>1.02</b>
Testigo	1.0 %	0.7 %	1.3 %	<b>1.0 %</b>	6.87%	6.15%	7.09%	<b>6.70%</b>	1.12	1.06	1.18	<b>1.12</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 16.

**Análisis de varianza y prueba Duncan para el tostado de los granos de cacao, en función a los métodos de secado.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Tostado	15	0.78	0.62	0.94

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Evaluado	p-valor
Modelo	6	22.87	3.81	4.82	0.0226
Repetición	2	21.47	10.73	13.58	0.0027
Tratamiento	4	1.40	0.35	0.44	0.7747
Error	8	6.33	0.79		
Corrección Total	14	29.20			

Fuente: Elaboración propia.

Test: Duncan Alfa=0.05				
Error: 0.7907 gl: 8				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Manta	94.3	3	0.51	a
Marquesina	94.77	3	0.51	a
Bandeja	95.03	3	0.51	a
Grainpro	95.1	3	0.51	a
Testigo	95.1	3	0.51	a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

## Anexo 17.

**Análisis de varianza de la cascarilla de los granos de cacao, en función a los métodos de secado.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Cascarilla	15	0.72	0.51	9.42

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Evaluado	Pr > F
Modelo	6	240.09	40.02	3.47	0.0542
Repetición	2	109.09	54.55	3.72	0.0441
Tratamiento	4	131.00	32.75	2.84	0.0977
Error	8	92.32	11.54		
Corrección Total	14	332.42			

Fuente: Elaboración propia.

Test: Duncan Alfa=0,05					
Error: 11.5402 gl: 8					
Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Testigo	32.8	3	1.96	a	
Manta	33.93	3	1.96	a	b
Bandeja	34.4	3	1.96	a	b
Marquesina	38.9	3	1.96	a	b
Grainpro	40.27	3	1.96		b
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )					

## Anexo 18.

**Análisis de varianza del triturado de los granos de cacao, en función a los métodos de secado.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Triturado	15	0.79	0.63	0.94

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Evaluado	p-valor
Modelo	6	23.43	3.91	4.95	0.0211
Repetición	2	21.51	10.75	13.62	0.0027
Tratamiento	4	1.92	0.48	0.61	0.6679
Error	8	6.32	0.79		
Corrección Total	14	29.75			

Fuente: Elaboración propia.

Test: Duncan Alfa=0.05				
Error: 0.7897 gl: 8				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Manta	94.03	3	0.51	a
Marquesina	94.63	3	0.51	a
Testigo	94.83	3	0.51	a
Bandeja	94.9	3	0.51	a
Grainpro	95.07	3	0.51	a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				



## Anexo 19.

**Análisis de varianza del nibs de los granos de cacao, en función a los métodos de secado.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% Nibs	15	0.68	0.44	6.35

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F. Evaluado	Pr > F
<b>Modelo</b>	6	229.70	38.28	2.80	0.0899
<b>Repetición</b>	2	115.03	57.51	4.21	0.0564
<b>Tratamiento</b>	4	114.67	28.67	2.10	0.1731
<b>Error</b>	8	109.38	13.67		
<b>Corrección Total</b>	14	339.08			

Fuente: Elaboración propia.

Test: Duncan Alfa=0.05				
Error: 13.6727 gl: 8				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Grainpro	54.47	3	2.13	a
Marquesina	55.5	3	2.13	a
Manta	59.8	3	2.13	a
Bandeja	59.9	3	2.13	a
Testigo	61.6	3	2.13	a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )				

# Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (theobroma cacao l.) Fermentado, en la eficiencia del descascarillado

*por* Lizett Kokalli Pichis

---

**Fecha de entrega:** 02-may-2024 02:47p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2350774985

**Nombre del archivo:** ING.\_AGROINDUST.\_-Lizett\_Kokalli\_Pichis\_-CORREGIDO\_02-05.docx (19.81M)

**Total de palabras:** 18498

**Total de caracteres:** 92734

# Efecto de cuatro métodos de secado de granos de cacao (theobroma cacao l.) Fermentado, en la eficiencia del descascarillado

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>16%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>tesis.unsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>xa.yimg.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>qdoc.tips</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>cybertesis.unmsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>pirhua.udep.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>bdigital.unal.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>