

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**“EFECTO DE TIPOS DE SECADO DEL CACAO (*Theobroma cacao L*) CCN-51 EN LA PRESERVACIÓN DE POLIFENOLES  
TOTALES Y ANTOCIANINAS”**

**PRESENTADO POR:**

**ELSA NOEMY SANCHEZ ALAMO**

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

**Tarapoto - Perú**

**2017**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**“EFECTO DE TIPOS DE SECADO DEL CACAO (*Theobroma cacao L*) CCN-51 EN LA PRESERVACIÓN DE POLIFENOLES  
TOTALES Y ANTOCIANINAS.”**

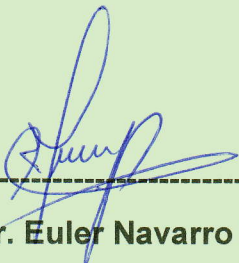
**TESIS**

*Para Optar el Título Profesional de:*


**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

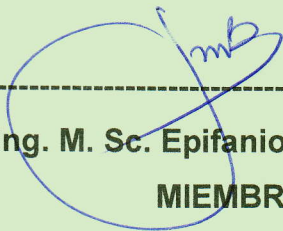
**ELSA NOEMY SANCHEZ ALAMO**



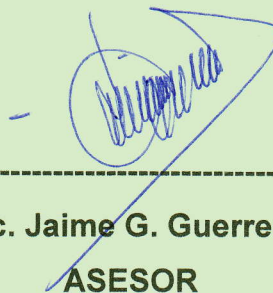
-----  
Ing. Dr. Euler Navarro Pinedo  
PRESIDENTE



-----  
Ing. M. Sc. Enrique Terleira García  
SECRETARIO



-----  
Ing. M. Sc. Epifanio E. Martínez Mena  
MIEMBRO



-----  
Ing. M.Sc. Jaime G. Guerrero Marina  
ASESOR



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Biblioteca Central y Unidad de Bibliotecas Especializadas

Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el repositorio de tesis digital

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	SANCHEZ ALAMO ELSA NOEMY	
Código de alumno :	092139	Teléfono: 520531
Correo electrónico:	elsa_0592@hotmail.com DNI: 46991314	

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Agroindustrial
Escuela Académico Profesional de:	Ingeniería Agroindustrial

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	( X )	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	EFFECTO DE TIPOS DE SECADO DEL CACAO (Theobroma cacao L) CCN-51 EN LA PRESERVACION DE POLIFENOLOS TOTALES Y ANTOCIANINAS
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	( X )	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica



Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto  
Biblioteca Central y Unidad de Bibliotecas Especializadas

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

Firma del Autor

**8. Para ser llenado por la Biblioteca central o especializada**

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

02 / 11 / 2017



Prof. Alicia Miercos Las Grandez Chávez  
JEFE DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL

Firma de Biblioteca

**\*Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**\*\* Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **DEDICATORIA**

De forma muy especial a mis padres Ricardo Sánchez y Fernanda Álamo por su apoyo y confianza que me dieron en las diferentes etapas de mi formación personal, a mis hermanos Diana y Saúl por su motivación durante toda mi vida estudiantil e incondicional apoyo para la elaboración de esta investigación.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino para poder culminar esta investigación.

A mis padres, quienes durante todos estos años confiaron y creyeron en mí, por su infinito amor, cariño, comprensión y apoyo. Por acompañarme en los buenos y malos momentos, gracias.

Al Ing. M.Sc. Jaime Guerrero Marina, por su inmenso apoyo y colaboración como asesor de tesis, por su amistad, confianza, experiencia, constante seguimiento en la ejecución de la etapa experimental de la investigación, además por su aporte con conocimientos personales y profesionales, muchas gracias.

Al Ing. Ángel Chávez Salazar, por su tiempo, paciencia, conocimientos y apoyo constante durante mi tesis, ha sido uno de los principales bastones de ayuda en la parte experimental de la investigación, mil gracias.

A mis amigos quienes en todo momento me dieron su apoyo y me extendieron su mano para compartir momentos buenos, malos y difíciles durante el desarrollo de esta investigación.

A la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, por facilitarnos las instalaciones de los laboratorios de investigación y por su formación académica profesional.

**ELSA NOEMY.**

## INDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCION.....	12
1.1	Objetivos.....	13
1.1.1	Objetivo General.....	13
1.1.2	Objetivos Específicos.....	13
II.	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	14
2.1	Generalidades del cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ).....	14
2.1.1	Definición del cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ).....	14
2.1.2	Variedades.....	15
2.1.3	Composición Química.....	18
2.2	Operaciones Post Cosecha del cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ).....	20
2.2.1	Cosecha.....	20
2.2.2	Quiebre .....	20
2.2.3	Fermentación .....	20
2.2.4	Secado .....	24
2.2.5	Almacenado .....	29
2.3	Generalidades de los polifenoles.....	30
2.3.1	Definición .....	30
2.3.2	Estructura y Clasificación.....	31
2.3.3	Polifenoles en cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ).....	32
2.4	Generalidades de las antocianinas.....	33
2.4.1	Definición .....	33
2.4.2	Estructura química de las antocianinas .....	34
2.4.3	Estabilidad de las antocianinas.....	34
2.4.4	Antocianinas en el cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ).....	36
III.	MATERIALES METODOS.....	37
3.1	Lugar de ejecución .....	37
3.1.1	Muestras.....	37
3.1.2	Materiales y Equipos.....	37
3.2.1	Materiales de campo.....	37
3.2.2	Materiales de laboratorio.....	37

<b>3.2.3</b>	Reactivos.....	38
<b>3.2.4</b>	Equipos.....	38
<b>3.3</b>	Metodología.....	39
<b>3.3.1</b>	Métodos de análisis.....	39
<b>3.3.2</b>	Metodología Experimental.....	39
<b>3.3.3</b>	Preparación de extractos.....	40
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>4.1</b>	Características iniciales de la materia prima .....	45
<b>4.1.1</b>	Determinación de la curva estándar .....	47
<b>4.2</b>	Comportamiento de la humedad durante el tiempo de secado .....	48
<b>4.3</b>	Cuantificación de los polifenoles totales en 3 tipos de sacado.....	50
<b>4.4</b>	Cuantificación de antocianinas en 3 tipos de secado.....	52
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>57</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>64</b>



## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N°01</b>	Composición físico-química en granos de cacao CCN-51 .....	18
<b>CUADRO N°02</b>	Composición de polifenoles totales y antocianinas en granos de cacao CCN-51 .....	19
<b>CUADRO N°03</b>	Caracterización físico-química de granos frescos de cacao CCN-51 .....	45
<b>CUADRO N°04</b>	Caracterización físico-química en granos de cacao CCN-51 mediante 3 tipos de secado .....	46
<b>CUADRO N°05</b>	Resultado de las absorbancias para la curva estándar de polifenoles (mg EAG/100 g) .....	47
<b>CUADRO N°06</b>	Características climáticas durante el tiempo de secado directo al sol.....	49
<b>CUADRO N°07</b>	Características climáticas durante el tiempo de secado bajo techo transparente .....	49
<b>CUADRO N°08</b>	Cuantificación de polifenoles totales en granos de cacao mediante 3 tipos de secado.....	50
<b>CUADRO N°09</b>	Cuantificación de antocianinas en granos de cacao mediante 3 tipos de secado. ....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°01</b>	Clon de cacao CCN51 .....	17
<b>Figura N°02</b>	Principales cambios en la semilla de cacao durante la fermentación.....	23
<b>Figura N°03</b>	Secado directo de granos de cacao .....	27
<b>Figura N°04</b>	Secador solar con cubierta de plástico.....	28
<b>Figura N°05</b>	Estructura química de los polifenoles .....	32
<b>Figura N°06</b>	Ruta general de biosíntesis de las antocianinas.....	36
<b>Figura N°07</b>	Flujograma de operaciones para la obtención de las muestras de cacao CCN-51 .....	39
<b>Figura N°08</b>	Flujograma de operaciones para la preparación del extracto Hidroalcohólico de cacao .....	42
<b>Figura N°09</b>	Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales .....	48
<b>Figura N°10</b>	Humedad del cacao durante el tiempo de secado en 3 tipos de secado. ....	50

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo N°01</b>	Cuantificación de polifenoles totales en granos de cacao CCN-51 con y sin beneficio.....	64
<b>Anexo N°02</b>	Cuantificación de antocianinas en granos de cacao CCN-51 con y sin beneficio .....	64
<b>Anexo N°03</b>	Características químicas de las semillas de cacao en los 3 tipos de secado .....	65
<b>Anexo N°04</b>	Humedad del cacao durante el secado directo .....	65
<b>Anexo N°05</b>	Humedad del cacao durante el secado solar .....	66
<b>Anexo N°06</b>	Humedad del cacao durante el secado en estufa .....	66
<b>Anexo N°07</b>	Resultado del análisis químico del grano de cacao en tres tipos de secado (ANOVA). .....	67
<b>Anexo N°08</b>	Cosecha de mazorcas sanas y maduras de cacao CCN-51 .....	68
<b>Anexo N°09</b>	Secado directo. Remoción de la masa para uniformizar el secado.....	68
<b>Anexo N°10</b>	Secador solar, granos de cacao secados bajo sombra .....	69
<b>Anexo N°11</b>	Secado en estufa. Remoción de la masa para uniformizar el secado. ....	69

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Efecto de tipos de secado del cacao (*Theobroma cacao L*) CCN-51 en la preservación de polifenoles totales y antocianinas”, se desarrolló en el laboratorio de investigación – UNSM, las mazorcas fueron obtenidas del fundo Pampa Verde ubicado en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín, la operación de quiebre de las mazorcas se realizaron en las instalaciones de la planta piloto de la UNSM, los granos en baba se colocaron en los cajones de fermentación por siete días, luego de los cuales fueron sometidos al proceso de secado (directo al sol, bajo techo transparente y en estufa), hasta alcanzar una humedad de 7.4%.

Las muestras de cacao fresco en baba presentaron las siguientes características fisicoquímicas: Humedad: 52,85%, Grasa: 41,92%, proteínas: 13,28%, polifenoles totales: 14,75g EAG/100g, antocianinas: 5,31mg cianidina-3-glucósido/g.

Los objetivos fueron: cuantificar el contenido de polifenoles totales y antocianinas en los tres tipos de secado. Para el análisis de las muestras se preparó un extracto hidroalcohólico que consistió en pesar 3.0 g de cacao en 25 mL (agua/etanol 50:50v/v), macerado por 24 h, y la extracción fue asistida por ultrasonido. Para esto se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con arreglo factorial (3x3), y la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ), para ello se utilizó el paquete estadístico *Infostat* versión estudiantil.

Los resultados obtenidos en la presente investigación, se encontraron diferencias significativas en los tres tipos de secado. Los granos de cacao CCN-51 secados en estufa presentaron mayor contenido de polifenoles totales con 8,03 g EAG/100g y el menor fue del secado bajo techo transparente con 6.76 g EAG/100g. El mayor contenido de antocianinas en granos de cacao CCN-51 secados en estufa fue 2,31mg cianidina-3-glucósido/g y el menor en secado bajo techo transparente con 2,01 mg cianidina-3-glucósido/g.

**PALABRAS CLAVES:** POLIFENOLES, ANTOCIANINAS, SECADO, CACAO.

## ABSTRACT

The present investigation work titled Effect of drying types of cocoa (*Theobroma cacao L*) CCN-51 on the preservation of total polyphenols and anthocyanins, was developed in the laboratory of research - UNSM, the cobs were obtained of the Pampa Verde country in Cacatachi district, San Martin province, the operation of the break down corn cobs was realized in the pilot plant of the UNSM, the grain in baba were placed in the drawers of fermentation for seven days, were subjected to a drying process by three types of drying (Direct drying in the sun, transparent roof and stove) to reach humidity between 7.4%.

Fresh cocoa samples in mucilage have the following physical-chemical characteristics: Moisture: 52,85%, 41,92%, protein: 13,28%, total polyphenols: 14,74g EAG/100g, anthocyanins: 5,30mg cyanidin-3-glucoside/g.

The objectives were: to quantify the content of total polyphenols and anthocyanins using three types of drying. For the analysis of the samples, it was prepared a hydroalcoholic extract which consisted to weight 3.0g of cocoa in 25 mL (water/ethanol 50:50v/v), macerated for 24 hours, and the removal was assisted by ultrasound. For this we used a design using the Complete Design fate (DCA) with factorial resolve (3x3), and the Tukey test ( $p < 0.05$ ), for this we using the student version Infostad statistical package.

The results obtained in the present investigation, were found significant differences in the three types of drying. The cocoa beans CCN-51 dried in stove presented greater total polyphenol content with EAG 8,03 g/100g and the minor was the solar drying with EAG 6,76 g/100g. The highest content of anthocyanins in cocoa beans CCN-51 dried in stove was 2,31mg cyanidin-3-glucoside/g and the lowest in solar drying with 2,01 mg cyanidin-3-glucoside/g.

KEY WORDS: polyphenol, anthocyanins, drying, cocoa beans.

## I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es una especie originaria de los bosques tropicales húmedos de América del Sur. Nuestra Amazonía es un espacio megadiverso que alberga una amplia diversidad y variabilidad genética de esta especie, siendo la región San Martín y Huánuco (Tingo María) las zonas caracterizadas a estas genéticas.

El árbol de cacao es conocido porque sus semillas son la principal materia prima en la elaboración del chocolate. Sin embargo, en sus cáscaras y semillas se encuentran polifenoles de gran valor que sirven para la prevención de enfermedades crónicas que presenta el ser humano. Esto debido a que entre estos polifenoles se encuentra antioxidantes específicos (catequinas, epicatequinas y procianidinas).

La explotación y consumo del cacao se ha convertido en un producto de alto valor nutricional, el cual debe reunir obligatoriamente requisitos especiales de calidad para su comercialización. Esto ha hecho que las empresas procesadoras y los países compradores de almendras y de productos derivados del cacao, muestren cada vez mayor interés en ofrecer un producto más aceptable a base de una materia prima de buena calidad.

La fermentación y el secado son etapas muy importantes en el beneficio del cacao (*Theobroma cacao L.*). La eliminación del exceso de humedad, que queda en el grano al finalizar la fermentación, es importante porque evita el desarrollo de mohos que deterioran la calidad y facilita el almacenamiento, manejo y comercialización del cacao.

En la región San Martín el secado es realizado en patios de cemento, en esta región se ha venido realizando según costumbres culturales transmitidas de generación en generación, con variaciones entre los productores y entre las zonas, sin dar importancia a las buenas prácticas en el manejo agronómico, lo que ejerce un efecto desfavorable sobre la calidad del producto final, ocasionando cambios físicos y químicos que ocurren en el secado del grano fermentado de cacao. Por tales razones el interés despertado para realizar la investigación que tiene como finalidad evaluar si los tipos de secado del cacao influyen en la preservación del contenido de polifenoles totales y antocianinas.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo General**

- Evaluar el tipo de secado de acuerdo al nivel de concentración de polifenoles totales y antocianinas en los granos cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Realizar la caracterización fisicoquímica de los granos cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51.
- Determinar el nivel de concentración de polifenoles y antocianinas durante la etapa de post cosecha del Cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51.
- Identificar si existe diferencia significativa respecto a los 3 tipos de secado en la preservación del contenido de polifenoles y antocianinas, de los granos de cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN-51.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Generalidades del cacao

#### 2.1.1 Definición del cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao es una especie nativa de los bosques tropicales húmedos de América del Sur que crece en climas cálidos. El fruto es una baya o mazorca ovoidea, grande, y aguda hacia el ápice, de unos veinticinco a treinta centímetros de largo y de diez a quince de grueso, con un pedúnculo recio y recto, epicarpio grueso, sub leñoso; las semillas son ovoides y pardas cuando están secas; la almendra es de unos dos centímetros y de sabor muy amargo (DE LA MOTA, 2008).

La legislación española y europea definen los granos de cacao como las semillas de plantas tropicales fermentadas y secadas, de la familia esterculiácea. Constituyen el insumo básico para la industria del chocolate, sus derivados, la industria cosmética y farmacéutica (GONZALES *et al.*, 2007).

#### Taxonomía

El cacao como especie ha sido ubicado según la siguiente clasificación taxonómica (GONZALEZ *et al.*, 2007).

Origen	: América Latina
Reino	: Vegetal
Orden	: Málvales
Clase	: Angiospermas
Familia	: Esterculiáceae
Género	: <i>Theobroma</i>
Especie	: <i>Theobroma cacao</i> L.
División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Angiosperma
Nombre científico y común	: <i>Theobroma cacao</i> L., Cacao.



### 2.1.2 Variedades

El cacao como cualquier otra planta posee diversas variedades lo que influye en sus propiedades y que hace que los aromas varíen. Por su origen y características genéticas, el cacao está clasificado en cuatro tipos: Criollo, Forastero Amazónico, Trinitario y Nacional de Ecuador. Cada variedad de cacao viene con características propias que contribuyen al aroma y sabor del chocolate producido a partir de ella (GONZALEZ *et al.*, 2007).

#### El cacao forastero

Este árbol es robusto, común y poco aromático. Se cultiva principalmente en: Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Venezuela. Proporcionan el 80% de la producción mundial. Se llaman Amazónicos por encontrarse distribuidos en la cuenca del Río Amazonas y sus afluentes. Las mazorcas son verdes (en estado inmaduro) y amarillas (cuando están maduras), con una forma de pequeño cuello de botella en la base (ARMIJOS, 2002).

#### El cacao criollo

Son árboles relativamente bajos y menos robustos respecto a otras variedades. Su copa es redonda con hojas pequeñas de forma ovalada, de color verde claro y gruesas. Este tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas alargadas de colores verde y rojizo en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjadas rojizas cuando están maduras, el chocolate obtenido de este cacao es apetecido por el sabor a nuez y fruta. Comercialmente se enmarca dentro de los cacaos finos (MINIFIE, 1989).

#### El cacao trinitario

Es el resultado del cruce entre el cacao de tipo Criollo de Trinidad y Forastero multiplicado en la cuenca del río Orinoco. Su calidad es intermedia. Fueron seleccionados en Trinidad y de ahí su nombre. Estos abastecen del 10 al 15% de la producción mundial. Es el cacao que más se cultiva en América (GONZALEZ *et al.*, 2007).

## Cacao CCN-51

### Origen

Es un cacao clonado (injertado) que se originó en el Ecuador. El agrónomo Homero Castro Zurita, luego de varias investigaciones logró en 1965 el denominado cacao clonal CCN-51 que significa Colección Castro Naranjal (MIJAIL, 2010).

Sus características sensoriales son: sabor dulce, ácido, astringente y amargo medio, con sabor a cacao, floral medio y frutal nuez. CCN51 es considerado el clon más productivo del mundo (ESPINOZA *et al.*, 2006).

### Agroecología

Hojas: sencillas, pecioladas, enteras, coriáceas, frágiles y brillantes.

Flor : las flores nacen en el tallo y en las ramas más viejas, que brotan a los dos años.

Fruto: es una baya o mazorca ovoidea, grande y aguda hacia el ápice, de uno 25 a 30 centímetros de largo y de 10 a 15 centímetros de diámetro, con un pedúnculo recio y recto, epicarpio grueso, subleñoso, consistente y con diez surcos longitudinales.

Semillas: son ovoides, blancas y pardas cuando están secas; la almendra es de unos dos centímetros de sabor muy amargo luego de tostarlas. Cada mazorca contiene entre 30 a 50 granos.

### **Características del Cacao CCN-51**

- Es destacado por su alta productividad, en algunas haciendas debidamente tecnificadas ha llegado a superar los 50 quintales por hectárea.
- Esta variedad es auto compatible, no implica de polinización cruzada para producción, como se da en los diferentes tipos de clones.
- El CCN-51 se caracteriza por ser un cultivar precoz pues inicia su producción a los 24 meses de edad, sus mazorcas son rojizas-moradas cuando son tiernas y de color rojizo anaranjadas cuando están maduras. Este cacao es tolerante a las enfermedades, de alta productividad y calidad.
- Por lo general es tolerante a la Escoba de Bruja y sensible a la Monilla.
- Es un tipo de planta de crecimiento firme, pero de poca altura, lo que disminuye los costos en podas, mantenimiento y cosecha.

- Excelente índice de semilla: 1.45 gramos/semilla seca y fermentada comparado con el índice promedio de 1.2 gramos/semilla seca.
- Excelente índice de mazorca (17.6 mazorcas/kilo) 8 mazorcas /libra de cacao seco, en comparación con el índice promedio de (24.6 mazorca/kilo) 12 mazorcas/libra.
- Este tipo de clon es adaptable a casi todas las zonas tropicales de hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar.
- Calidad de cacao: con un buen manejo post cosecha el CCN-51 es de primera calidad para exportación.
- Excelente precio: debido a la calidad del grano y a su alto contenido de manteca el CCN-51 se cotiza en el mercado internacional con premios de hasta \$100 sobre la Bolsa de New York.
- Tiene un porcentaje de manteca (54%), que lo convierte en una variedad muy cotizada por las industrias (MIJAIL, 2010).



**FIGURA 01. Clon de cacao CCN-51.**

**FUENTE: GONZALEZ *et al.*, 2007.**

## **EL CACAO EN EL PERU**

GONZALEZ *et al.*, (2007) el cacao se cultiva básicamente en la selva peruana entre los 120 y 900 m.s.n.m, y por su importancia económica constituye, junto con el café; uno de los cultivos de colonización importante. La producción en el año 2016 alcanzó unas 80,400 TM en unas 140,000 hás cultivadas (3.4 % de la producción mundial).

En su mayoría el cacao peruano es comercializado por pocas empresas, las cuales exportan básicamente manteca y otros derivados, la exportación de cacao en grano es muy pequeña.

Existen Cooperativas que vienen impulsando el cultivo con resultados exitosos como la Cooperativa Agroindustrial Naranjillo en Tingo María, pionera en exportación, la Cooperativa ACOPAGRO en Juanjui, hace 5 años desarrolla un programa de producción y exportación del cacao orgánico en grano, las cooperativas VRAE en el Valle del río Apurímac, y desde el año 2006 – 2008 han incursionado las Cooperativa Oro Verde en Lamas, la Cooperativa de Tocache, estas organizaciones exportan cacao bajo el sistema de Comercio Justo del registro FLO Internacional.

## **EL CACAO EN SAN MARTIN**

La superficie sembrada de cacao en San Martín 2016 fue de unas 50,000 hectáreas, representando el 28.5 % de la superficie nacional (DRASAM, 2012). El rendimiento promedio en la región en plantaciones tradicionales es de 800 Kg/Ha/año de cacao seco, y con tecnología intermedia y alta los rendimientos superan los 2,000 Kg/Ha/año respectivamente.

En áreas con asistencia técnica dirigida, se está orientando la siembra bajo sistemas agroforestales sostenibles con densidades de 952 a 1236 plantas /ha y la aplicación de técnicas de podas, paquetes sanitarios y de fertilización orgánica.

### **2.1.3 Composición química**

WAKAO, (2002) reporta que la composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se pueden citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. El beneficio postcosecha también influye sobre su composición química. Los principales constituyentes químicos del cacao son: agua, grasa, compuestos

fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos.

Los polifenoles de la semilla del cacao están almacenados en células distribuidas en grupos a través de los cotiledones, los cuales son considerados responsables en gran parte por la astringencia y amargor (CALDERÓN, 2002).

En los cotiledones el pH desciende desde aproximadamente 6,5 en almendras frescas, al momento de colocar la masa en los cajones de fermentación y hasta valores dentro del rango de 5,0 a 5,5 en almendras ya fermentadas (FASABI, 2015). En el cuadro 01 se observa la composición físico química en granos de cacao CCN-51 fermentadas y secas.

**Cuadro 01: Composición físico-química en granos de cacao CCN-51**

Características físicas	Granos frescos	Granos secos
Humedad (%)	59,05	6,81
Largo (cm)	2,89	2,51
Ancho (cm)	1,79	1,4
Espesor (cm)	1,39	1,05
Peso (g)	2,81	1,65
Características químicas	granos frescos	Granos secos
Proteína (%)	13	12,25
Grasa (%)	53,05	48,59
Ceniza (%)	5,73	3,27
PH	6,04	5,4
Solidos solubles (%)	13,24	-
Acidez (% Ácido cítrico)	0,55	0,78

**FUENTE: FASABI, 2015**

**Cuadro 02: Composición de polifenoles totales y antocianinas en granos de cacao CCN-51**

Componentes	Grano Fresco	Grano Seco
Polifenoles totales (mg EAG/100g)	9,209	7,332
Antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/g)	5,139	1,181

**FUENTE: HUANCA, 2010.**

## **2.2 Operaciones Post Cosecha del cacao (*Theobroma cacao* L.)**

### **2.2.1 Cosecha**

Corresponde a la recolección de las mazorcas teniendo en cuenta su estado de madurez, las características más típicas para conocer la mazorca madura es su cambio de color (MORENO Y SANCHEZ ,1989).

ARMIJOS (2002), indica que se debe cosechar solo mazorcas maduras, abrir los frutos en un tiempo máximo de 24 horas. La apertura de la mazorca debe realizarse de forma que el mucílago y la testa de la semilla no sufran daños. No se deben cosechar las mazorcas inmaduras ya que los contenidos de azúcares pueden no ser suficientes para obtener una fermentación satisfactoria.

### **2.2.2 Quiebre**

Es una práctica que consiste en quebrar o abrir la mazorca en dos partes para extraer las almendras. El quiebre se puede hacer con un machete corto y sin filo, con un mazo o con un golpe, procurando no dañar el grano para garantizar su calidad (MENDOZA, 2013).

### **2.2.3 Fermentación**

Es el proceso que continúa después del desgrane, consiste en acumular los granos en un período de tiempo con el fin de que los microorganismos descompongan el mucílago (la pulpa blanca y azucarada que envuelve los granos), aumenta la temperatura para la muerte del embrión y se inician los cambios bioquímicos y las reacciones enzimáticas en el interior de las almendras, este proceso facilita además el secado de los granos (CUBILLOS *et al.*, 2008).

SÁNCHEZ, (2007), menciona que el efecto de la fermentación en la calidad del cacao es importante y tiene doble finalidad: primero que la pulpa se convierte en ácido acético, el grano se hincha, y segundo, reducir el amargor y la astringencia, para posteriormente desarrollar los precursores del sabor y aroma en los granos de cacao. Por otro lado ENRIQUEZ (1985) y ARMIJOS (2002), manifiestan que el proceso bioquímico interno de la fermentación que destruye las células pigmentadas, transforma el sabor astringente desarrollando los sabores y aromas característicos a chocolate.

El tiempo de fermentación que se debe dar a las almendras depende del grupo genético al que pertenece el cacao. El mayor contenido de azúcar en el mucílago de la variedad criollo, por ejemplo, acelera el proceso y requiere menos tiempo de fermentación que el forastero. Por lo que el cacao criollo se fermenta, generalmente, en tres días; mientras que los de la variedad forastero y trinitario lo hacen entre cinco a seis días o más, respectivamente.

### **Transformaciones específicas durante la fermentación.**

La fase anaerobia: corresponde a la primera etapa del proceso de fermentación, donde las levaduras actúan sobre los substratos presentes en el mucílago del cacao. Su acción predomina, principalmente, durante las primeras 24 horas dando lugar a la proliferación de bacterias lácticas y acéticas; por las condiciones generadas durante el proceso (LOPEZ y DIMICK, 1991).

El rol principal de las levaduras, es la producción de alcohol mediante la degradación de los azúcares totales presentes en el mucílago. Sin embargo, como las cepas de levaduras presentes son muy abundantes y este no es su única contribución al proceso; ellas contribuyen al rompimiento del ácido cítrico, presente en el mucílago, permitiendo el incremento del pH de 3,5 a 4,2. Así mismo, el desarrollo de las bacterias, tanto lácticas como acéticas, dan lugar a la producción de ácidos orgánicos (ácido láctico, acético y en menor proporción ácido oxálico, fosfórico, succínico y málico), ácidos volátiles y, algunas cepas de levaduras producen pectinasas, permitiendo la reducción de la viscosidad del mucílago (MINIFIE, 1989).

La fase aerobia: Luego del descenso de la población de levaduras, el incremento del pH y la disminución de la viscosidad que tiene lugar durante la fase anaerobia, se forma una masa fermentativa mucho más aireada y en la que se crean las condiciones necesarias para el desarrollo de las bacterias acéticas. Se sabe que estas actúan, estrictamente, en medio aerobio y con aumento de la temperatura; contribuyendo a la eliminación de levaduras y bacterias lácticas. La función primordial de este tipo de bacterias es la oxidación del alcohol hasta ácido acético, permitiendo que muchas fracciones de ácido láctico sean oxidadas a dióxido de carbono y agua. La producción de acidez en las habas de cacao y el incremento de la temperatura de la masa de fermentación, origina la difusión e

hidrólisis de proteínas en los cotiledones, al que se le atribuye el metabolismo de las bacterias acéticas. De ahí que, la presencia de estas bacterias sea importante para la formación de azúcares reductores, pirazinas y aminoácidos libres, que son los precursores de sabor (SCHWAN, 1996).

La testa del grano es permeable a muchas sustancias de bajo peso molecular, por tal motivo, el alcohol, el ácido acético, como también otros metabolitos son absorbidos conjuntamente con el agua. El grano se hincha y tiene cambios físicos y químicos. El aumento de la temperatura entre 45-50°C, y la difusión de alcohol y ácido acético al interior de la almendra inhibe la germinación, que es un prerrequisito para el inicio de los cambios bioquímicos. Después de la muerte del grano se inician las reacciones enzimáticas, controladas principalmente por los cambios de temperatura y pH durante la fermentación de la pulpa (MINIFIE, 1989; LOPEZ y DIMICK, 1991).

En los granos de cacao, los compuestos polifenólicos están almacenados en las células de pigmentos de los cotiledones. Durante la fermentación de las almendras, esos compuestos se difunden a través del líquido celular, son oxidados y enseguida condensados en moléculas de elevado peso molecular, en gran parte taninos (HANSEN *et al.*, 1998; WOLLGAST, 2000). En la figura 02 se observa las reacciones bioquímicas durante la fermentación del cacao.



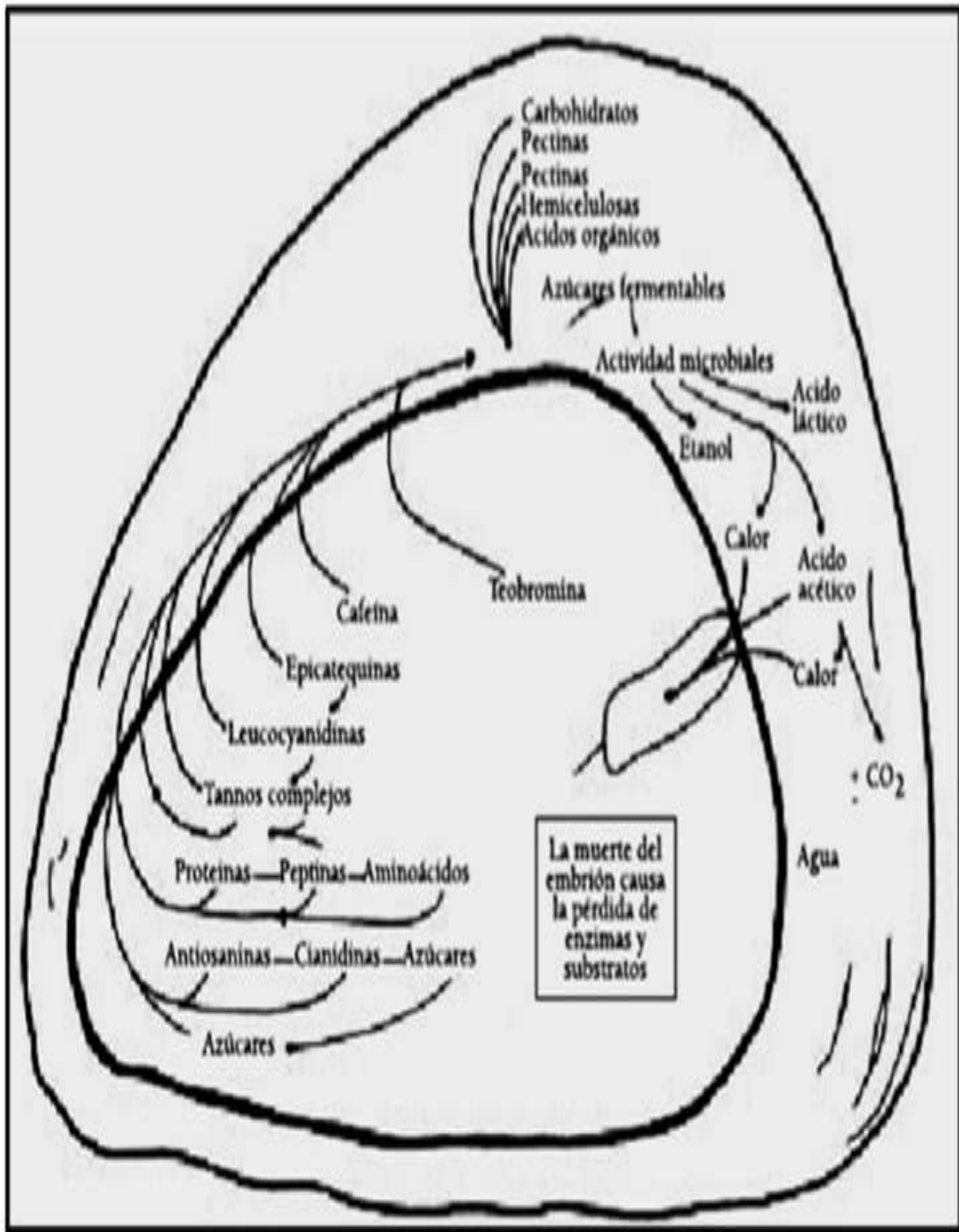


FIGURA 02: Principales cambios en el grano de cacao durante la fermentación.  
 FUENTE: LOPEZ y DIMICK, 1991.

#### 2.2.4 Secado

El secado se puede definir como un sistema en el que existe un proceso simultáneo de transferencia de calor, entre el aire del ambiente y del sólido (cacao). Dos procesos ocurren en forma simultánea cuando un sólido húmedo es sometido a un secado térmico. Transferencia de energía (calor) de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie. Transferencia de la humedad interna a la superficie del sólido. De estos dos procesos dependerá la rapidez con la cual el secado se lleve a cabo. Sin embargo condiciones internas del fruto determina también la rapidez del secado, como son: temperatura, contenido de humedad y naturaleza física del cacao (CUBILLOS *et al.*, 2008).

Durante el secado el aire caliente penetra a las almendras a través de la cutícula o testa, oxidándose parte de los polifenoles que aún quedan en el grano. Esta fase es la continuación de las reacciones bioquímicas internas que conducen al desarrollo de los precursores del sabor y aroma del cacao en almendras bien fermentadas. Al final, la oxidación se detiene porque la falta de humedad en la almendra inactiva las enzimas que regulan el proceso oxidante. La formación del aroma a cacao es consecuencia de la degradación de proteínas (valina y glicina) y a la reacción de maillard cuyos últimos compuestos formados son las pirazinas (GUTIÉRREZ, 1988; WOOD, 1982).

El secado también contribuye a la disminución del amargor y la astringencia del cacao y a reducir el riesgo de que se desarrollen olores no deseados en las almendras (MOSSU, 1992).

El secado puede ser natural (exposición directa al sol o en sombra) o artificial (empleando calor) (NOGALES *et al.*, 2006). Las diferencias entre ambas clases de secadores radica en el tiempo del proceso, generalmente los de tipo natural tardan de 7 - 14 días, porque dependen de las condiciones ambientales, mientras a los artificiales les toman entre 12 – 24 horas (BATISTA, 2009).

Según NOGALES *et al.*, (2006), menciona que para obtener un producto de calidad es necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones durante el secado, ya sea que se realice por el método desecado natural o artificial.

El tiempo del secado varía de acuerdo a la temperatura, la intensidad solar, la lluvia y la estación del año. Bajo condiciones normales el tiempo de secado dura

entre 6 y 8 días. Cuando el tiempo de secado es mayor a lo normal, el cacao tiene un olor a podrido y presenta mayor cantidad de moho (BRAVO, 2010).

**Precauciones que se deben tener en cuenta durante el secado:**

- Secar los granos de cacao hasta un 6 - 7% de humedad, si está por debajo del 6%, se obtienen granos quebradizos y si está por encima del 8%, son más propensos al ataque de hongos y de insectos.
- El secado se debe realizar lentamente, si se hace rápidamente en las primeras etapas del secado se puede inactivar las enzimas mucho antes de que se hayan completado los cambios químicos necesarios.
- Es necesario remover constantemente los granos de cacao, con el fin de eliminar el mucílago que quedó de la fermentación. Si no se efectúa la remoción de las habas, se obtienen granos con grumos de mucílago seco y con manchas oscuras formadas en la parte en donde hace contacto el grano con la superficie. Se recomienda que los patios o lugares para el secado de cacao no deben ser usados para secar otro tipo de producto como coco o pescado, ya que el cacao absorbe fácilmente olores y sabores desagradables, disminuyendo su calidad.

Factores a considerar durante el secado de cacao:

- Temperatura
- Tiempo de secado
- Removido
- Espesor de la capa de secado
- Otros

**2.2.4.1 Tipos de secados en granos de cacao**

**a) Secado natural expuesta al sol**

Los secadores naturales utilizan al sol como fuente de energía y pueden ser de plataforma fija con techo móvil, plataforma de cemento al aire libre, y tipo túnel (solar).

Este tipo de secado es una práctica común por la mayoría de los pequeños productores. Consiste en poner a secar el cacao en áreas previamente preparadas que generalmente el piso es de cemento, que no ofrece ninguna protección en relación al medio ambiente como por ejemplo lluvia, cambios bruscos de

temperatura, entre otros. Es necesario precisar que el secado mediante este método no asegura homogeneidad en el producto en cuanto se refiere a la humedad final requerida, provocando defectos comerciales. Con la finalidad de lograr una buena aireación y uniformidad, la experiencia del productor ha hecho que en este tipo de secado para mantener las condiciones antes indicadas se debe realizar remociones cada media hora.

El periodo de exposición al sol se va ampliando en forma paulatina. Por el contrario, el secado muy lento causa el desarrollo de mohos que pueden penetrar la testa y alcanzar el cotiledón, destruyendo la calidad sensorial y creando serios problemas a la industria. La velocidad del secado depende de tres factores: transferencia de calor al interior de la almendra, movimiento de vapor de agua desde la almendra al aire circundante, y la cantidad de superficie de las almendras expuesta al aire (SÁNCHEZ, 2013).

#### Ventajas

- Se aprovecha la temperatura de los rayos solares
- Conserva mejores propiedades antioxidantes y organolépticas
- Se obtiene almendras con mayor aroma

#### Desventajas

- el tiempo que tarda el proceso de secado
- la necesidad de extensas superficies para secar los granos
- su dependencia de las condiciones climáticas
- condiciones que pueden variar de una zona a otra y en una misma zona durante el año.

El secado en patios es un proceso natural, que consiste en poner a secar el cacao en áreas previamente preparadas que generalmente el piso es de cemento, que no ofrece ninguna protección en relación al medio ambiente como por ejemplo lluvia, cambios bruscos de temperatura, entre otros (RIGEL, 2005). En la figura 03 se observa el secado directo de granos de cacao en patio de cemento.



**FIGURA 03: Secado directo de granos de cacao**

**FUENTE: RIGEL, 2005.**

El secado bajo sombra es una forma muy práctica para utilizar la radiación solar y la energía del aire. Consiste en un techo plástico transparente y una estructura rustica de forma parabólica, la cual es construida para proteger el producto de agentes externos frecuentes como la lluvia (BATISTA, 2009). La marquesina es una estructura conformada por una cubierta superior y separada del piso a una altura aproximada de dos metros conformada generalmente por una estructura de madera y cubierta por material polimérico (resistente a los procesos de cristalización por efecto de la radiación ultravioleta), el contra piso ubicado a una altura aproximadamente de un metro del piso conformado por una malla metálica horizontal (GUTIÉRREZ, 1988).

#### Ventajas

- Protege al cacao de la humedad de la lluvia, del polvo y animales además de que aumenta la temperatura de secado dentro del túnel.
- Permite una temperatura moderada y uniforme.
- Se obtiene un cacao de mejor calidad, de aroma más fino, y con un color más claro.

#### Desventajas

- Este tipo de secado depende del clima.
- Si es demasiado lento y el sabor del grano es muy ácido.
- Se contamina fácilmente por materias extrañas como tierra, polvo, hojas, piedras, entre otras.

El secador solar bajo sombra tipo invernadero es una de las alternativas viables para el secado natural en zonas climáticas de alta precipitación. La implementación de este modelo ha tenido mejores resultados en zonas cálidas. La cantidad de agua que se puede evaporar dependerá de la temperatura que alcance el aire por medio de la transformación de energía mediante el secador y de la velocidad a que este circule (SÁNCHEZ, 2013).

En la figura 04 se observa una estructura física en forma de túnel que en su parte superior está cubierto por un material polimérico, que cubre toda el área donde será depositado el material para ser secado, captando de esa manera la energía radiante y manteniéndolo al sistema con temperaturas relativamente constantes, disminuyendo de esa forma el efecto de los cambios bruscos de la temperatura del ambiente.



**FIGURA 04: Secador solar con cubierta de plástico.**  
**FUENTE: RIGEL, 2005.**

#### **b) Secado artificial**

El secado artificial se realiza mediante el empleo de estufas o secadoras mecánicas haciendo pasar una corriente de aire seco y caliente por la masa del producto (ZAHOULI *et al.*, 2010). La convección forzada, tiene lugar cuando una fuerza motriz exterior mueve un fluido con una velocidad ( $v$ ), sobre una superficie que se encuentra a una temperatura mayor ( $T_s$ ) o menor que la del fluido ( $T_f$ ), como la velocidad del fluido en la convección forzada es mayor que en la convección natural, se transfiere por lo tanto, una mayor cantidad de calor para una determinada temperatura.

Según CUBILLOS et al. (2008) la temperatura del aire caliente no puede ser mayor de 60°C con el fin de evitar la inactivación de reacciones enzimáticas fundamentales e indispensables en la formación de los precursores del sabor.

El secado artificial es de mayor rapidez y aplicable en zonas de alta precipitación donde el secado al sol se obstaculiza constantemente. Sin embargo, su uso se limita porque requieren cantidades significativas de almendras para ser rentable (ZAHOUALI *et al.*, 2010).

Este método es el más práctico, rápido y controlable, pero también es uno de los más caros, ya que es una máquina comercializada por algunas empresas y su fabricación no es casera; pero su precio se ve reflejado en su utilidad y beneficios que la estufa alcanza para el producto final. Existe de igual manera una gran gama de diseños de estufas y una de las más usadas es la secadora samoa, la cual consiste en un tubo de metal por la cual se coloca una fuente de calor sea esta leña, carbón, diesel o electricidad (BECKETT 1994). En el caso de utilizar combustibles se debe tener cuidado que los gases de combustión no entren en contacto con el producto porque podrían contaminarlo (DOSTERT *et al.*, 2012).

#### Ventajas

- No depende del clima.
- Economía en tiempo y espacio.
- Es más rápido que el secado al sol, no hay problemas de mohos.

#### Desventajas

- Deseccación demasiado rápida. Ocasiona que las enzimas del interior del grano se inactive antes de que se hayan completado todos los cambios químicos.
- Pierden el aroma (cualidad de gran importancia en la industria del cacao).
- Tiene un costo más elevado, esta fuera del alcance del pequeño y mediano productor.

### **2.2.5 Almacenado**

CUBILLOS et al. (2008) señala que los granos de cacao fermentado y seco deben colocarse en un lugar cerrado, ventilado y libre de humedad, alejado de productos olorosos, plaguicidas, desinfectantes. Además los granos deben depositarse en sacos limpios y ser colocados sobre repisas o tablas para evitar el contacto directo con el suelo.

## 2.3 Generalidades de los polifenoles

### 2.3.1 Definición

El reino vegetal ofrece gran variedad de compuestos de alto y bajo peso molecular con propiedades antioxidantes. La mayoría de estos compuestos antioxidantes naturales que se han estudiado para su aplicación en la industria alimentaria son compuestos polifenólicos. Los compuestos polifenólicos son metabolitos secundarios que se caracterizan por estar formados por unidades de fenoles anillos aromáticos que llevan al menos un sustituyente hidroxilo. Estas biomoléculas se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración varía a lo largo del ciclo vegetativo, además participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis y la formación de componentes estructurales (MANACH *et al.* 2004).

RAMIREZ J. *et al.* (2013) menciona que los frutos, en adición a los nutrientes esenciales y a una serie de micronutrientes tales como minerales, fibras y vitaminas, aportan además diversos metabolitos secundarios de naturaleza fenólica que se caracterizan por la presencia de uno o más anillos tipo benceno, denominados polifenoles que también se encuentran naturalmente en alimentos y bebidas de origen vegetal.

El contenido (cualitativo y cuantitativo) de los polifenoles en vegetales varía con las condiciones de crecimiento y los estímulos ambientales; difiere también de una especie a otra, y de un tejido a otro, encontrándose principalmente en frutas donde el grado de maduración afectan el contenido de los polifenoles.

En la planta, protegen contra la radiación ultravioleta, los patógenos, el daño oxidativo y las condiciones climáticas difíciles. Para optimizar los beneficios de estos agentes que aumentan la salud de forma natural, es importante consumir una amplia cantidad de alimentos que sean ricos en polifenoles (DILLINGER *et al.*, 2000); sin embargo, los adelantos tecnológicos permitieron el análisis de las propiedades químicas y biológicas de sustancias beneficiosas a la salud como: los polifenoles (catequinas, epicatequina y la quercetina) presentes en el cacao y en el chocolate oscuro, logrando un producto que reduce riesgos de tipo cardiovascular (NEGARESH, 2013).

Respecto al metabolismo de los polifenoles, se sabe que son absorbidos en diferente grado en el intestino en su forma nativa o modificada. Durante el



proceso de absorción, los polifenoles son conjugados primero en el intestino delgado y después en el hígado. En general los metabolitos de los polifenoles son rápidamente eliminados del plasma lo que indica que es necesario un consumo diario de productos vegetales para mantener altas concentraciones de estos metabolitos en la sangre (MANACH *et al.* 2004).

### **2.3.2 Estructura y clasificación**

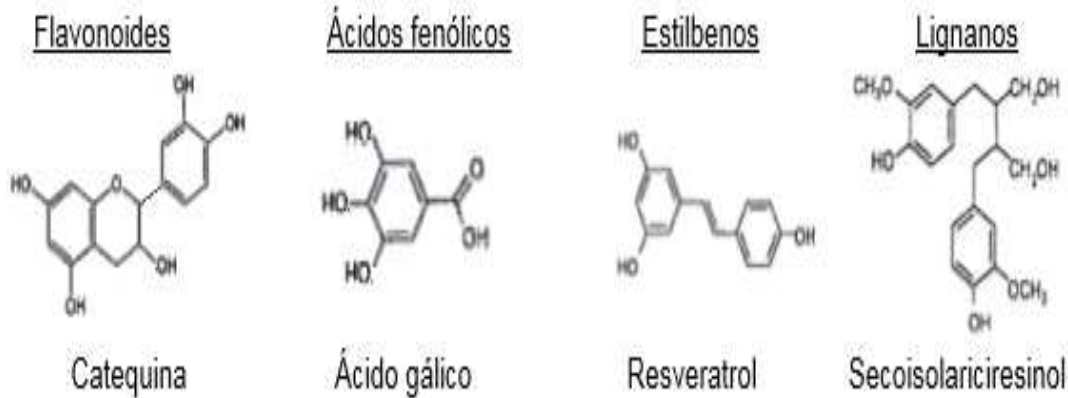
Los compuestos polifenólicos constituyen uno de los grupos de antioxidantes naturales más abundantes y ampliamente distribuidos del reino vegetal, con más de 8000 estructuras polifenólicas conocidas. Son productos del metabolismo secundario de las plantas y se encuentran en raíces, tallos, troncos, hojas y frutos donde desarrollan funciones diversas que abarcan desde la protección frente a influencias externas (radiación UV, ataques fúngicos y víricos) a los mecanismos de polinización, el olor, el color y la tolerancia al frío (CALDERÓN, 2002).

Los polifenoles se caracterizan por contener un anillo aromático unido a dos o más grupos hidroxilo (grupo fenol), la estructura de los polifenoles varía de moléculas simples, como los ácidos fenólicos, a estructuras complejas, como los taninos condensados (figura 05); se clasifican en cuatro familias en función del número de anillos fenólicos y de los elementos estructurales unidos a estos anillos: flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos (UGARTONDO 2009).

La actividad antioxidante de los compuestos polifenólicos se basa en su capacidad secuestradora de radicales libres y de quelación de metales. Su estructura química es la ideal para reaccionar con los radicales libres y formar un radical intermedio más estable y menos reactivo, ya que la presencia de anillos aromáticos y grupos hidroxilo permite que se deslocalicen los electrones (DILLINGER *et al.*, 2000). En la figura 05 se observa la estructura química de los polifenoles.

Los polifenoles poseen otras actividades biológicas específicas derivadas o no de su acción antioxidante. Se les atribuyen propiedades antimicrobianas y antimutagénicas, inhiben *in vitro* la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) relacionadas con enfermedades coronarias, y protegen el ADN del daño oxidativo que tiene graves consecuencias en algunos cánceres relacionados con la edad, además inhiben la agregación plaquetaria y presentan efectos antiinflamatorios, se ha descrito que poseen actividad anti carcinogénica, actuando

como inhibidores de procesos cancerígenos, actividad anti VIH y actúan como protectores frente a la peroxidación lipídica en los glóbulos rojos (CALDERÓN, 2002).



**FIGURA 05: Estructura química de los polifenoles.**

**FUENTE: KIM y KEENEY, 1984**

### 2.3.3 Polifenoles en cacao (*Theobroma cacao L.*)

Los polifenoles en los granos de cacao son almacenados en las células pigmentarias de los cotiledones, y le aportan colores que van desde el blanco hasta un morado oscuro. Los grupos de polifenoles más abundantes en cacao son del tipo flavonoide, especialmente 3 grupos básicos con un núcleo común tipo flavan-3-ol: catequinas (37%), antocininas (4%) y procianidinas (58%). La principal catequina es (-)- epicatequina que representa cerca del 30% del contenido de polifenoles del grano (KIM, H. y KEENEY, G. 1984). En el grano de cacao los polifenoles se encuentran en la testa y en el cotiledón, el cual se caracteriza por el color violeta intenso, color relacionado con polifenoles específicos como las catequinas y antocianinas (RAMIREZ J. *et al.* 2013).

Los polifenoles de la semilla del cacao son compuestos que participan activamente en las modificaciones bioquímicas en el interior de las almendras durante la fermentación como la oxidación enzimática, que causa la disminución del contenido de polifenoles (CALDERÓN, 2002).

GIL (2012), identificó que dentro de la cadena de producción de chocolates los puntos más relevantes en cuanto a la pérdida de polifenoles son los procesos

de preindustrialización. La estandarización de las técnicas ancestrales usadas para la fermentación y secado en campo de los granos de cacao, deberían ser el objeto de programas mundiales que busquen homogenizar la composición de las materias primas y de los productos de chocolatería.

HUANCA (2010), en su investigación encontró el contenido de polifenoles totales en granos de cacao fresco que fue de 9,209 EAG/100g. Seguido al contenido de polifenoles totales de granos de cacao seco 7,547 EAG/100g con respecto a los granos fermentados el contenido de polifenoles disminuyó, esto puede ser explicado por (MANACH *et al.* 2004), que durante el secado continúa la fase oxidativa de la fermentación lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor, acidez del grano y el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos. Así mismo, PORTILLO *et al.*, (2005), indica que en el secado varia el color del grano debido a que se desarrollan pigmentos marrones por las reacciones de condensación proteína a quinona que ocurre después de la oxidación enzimática de polifenoles tales como las leucocianidinas y las epicatequinas.

## **2.4 Generalidades de las antocianinas**

### **2.4.1 Definición**

Las antocianinas tienen significado del griego anthos flor y kyanos azul. Las antocianinas son el grupo de pigmentos de color rojo, violeta, hidrosolubles visibles al ojo humano, ampliamente distribuidos en el reino vegetal, forman parte de la familia de los polifenoles y se definen como flavonoides fenólicos (CUEVAS *et al.*, 2008).

Las antocianinas poseen diferentes funciones en la planta como son la atracción de polinizadores para la posterior dispersión de semillas y la protección de la planta contra los efectos de la radiación ultravioleta y contra la contaminación viral y microbiana. El interés por los pigmentos antociánicos e investigación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo. A pesar de las ventajas que ofrecen las antocianinas como sustitutos potenciales

de los colorantes artificiales, factores como su baja estabilidad y la falta de disponibilidad de material vegetal limitan su aplicación comercial (RAMIREZ J. *et al.* 2013). La función más importante de las antocianinas es la percepción visible para la atracción de animales para propósitos de polinización y dispersión de semillas. Además se encargan de la filtración de la luz o pueden acumularse como resultado del estrés (LEWIS, C., y WALKER, J. 1995).

#### **2.4.2 Estructura química de las antocianinas**

Las antocianinas, presentan una estructura química adecuada para actuar como agentes antioxidantes, donar hidrógenos o electrones a los radicales libres, así como capturarlos y desplazarlos en su estructura aromática (MARQUEZ, 2009).

Químicamente las antocianinas son glicósidos de las antocianidinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianidina, que es la aglicona, uniéndolo un azúcar por medio de un enlace (3-glucosídico, la estructura química básica de estas agliconas es un núcleo de flavon y el ión flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio que consta de dos grupos aromáticos (POO, 2005).

El color de las antocianinas depende de varios factores intrínsecos, como son los sustituyentes químicos que contenga y la posición de los mismos en el grupo flavilo, por ejemplo, si se aumentan los hidroxilos del anillo fenólico se intensifica el color azul, mientras que la introducción de metoxilos provoca la formación de los rojos; también cambian de color cuando forman complejos con otros compuestos fenólicos o con algunos polisacáridos, ya que se favorece un desplazamiento de la absorción a longitudes de onda mayor (BADUI, 1999).

#### **2.4.3 Estabilidad de las antocianinas**

Según FENNEMA, (2000) el núcleo flavilo de los pigmentos de antocianina es deficiente en electrones, por tanto, muy reactivo, las reacciones ordinariamente comprenden la decoloración de los pigmentos. Dada su alta hidrosolubilidad, estos pigmentos se pueden perder fácilmente por lixiviación en el agua que se utiliza en los diferentes tratamientos; a medida que aumenta la temperatura se acelera la decoloración de la fruta, ya que se favorece tanto la extracción que incluso se puede llegar a obtener productos prácticamente incoloros (BADUI, 1999).

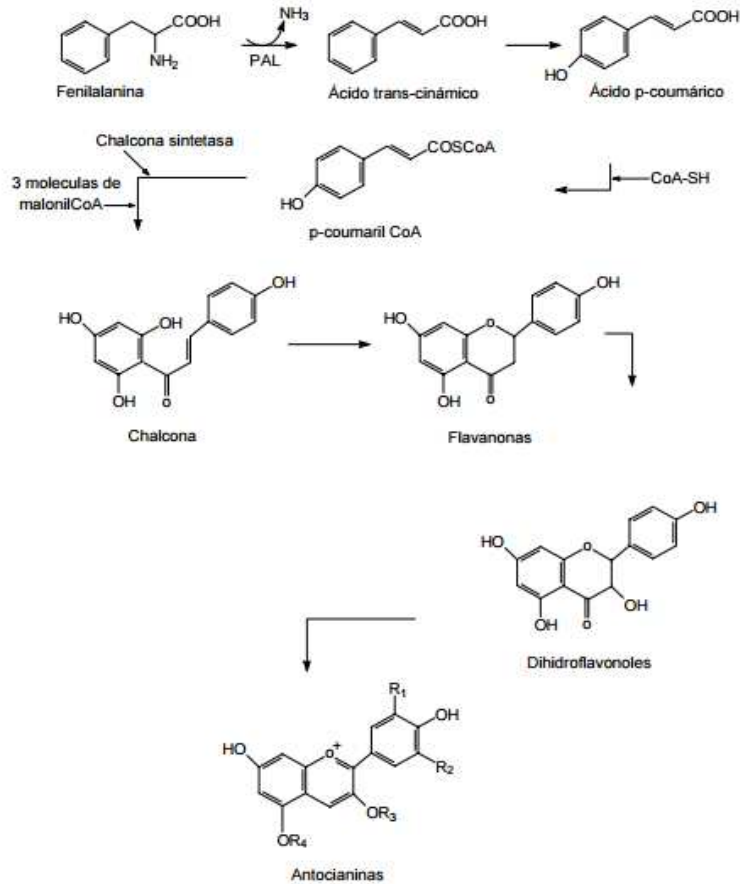
A pesar de las ventajas que las antocianinas ofrecen como posibles sustitutos de los colorantes artificiales, su incorporación a matrices alimenticias o

productos farmacéuticos y cosméticos son limitadas debido a su baja estabilidad durante el procesamiento y el almacenamiento. Factores como su misma estructura química, pH, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, concentración y actividad de agua de la matriz determinan la estabilidad del pigmento (LEWIS, C., y WALKER, J. 1995). La estabilidad de las antocianinas depende de factores como enzimas, pH, temperatura, oxígeno, luz, metales, etc.

**Efecto del pH:** Las antocianinas son más estables en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino; en medio ácido la forma predominante es la del ión flavilio, da el color rojo, cuando esta es sometida a pH básico o alcalino, el ión flavilio es susceptible al ataque nucleofílico por parte del agua, produciéndose la pseudo base carbinol, esto es a pH 4,5 y seguido se forma la chalcona, las dos formas son incoloras (CUEVAS *et al.*, 2008).

**Azúcares:** Los azúcares a altas concentraciones estabilizan a las antocianinas, por la baja actividad del agua, uno de los factores de degradación, por el ataque nucleofílico al catión flavilio que ocurre en el C-2 formando la base carbinol incolora y cuando los azúcares están en bajas concentraciones no tendrán efecto sobre la actividad del agua, provocando que sus productos de degradación (hidroximetilfurfural y furfural) aceleren la degradación de las antocianinas (CONDEZO, 2011).

**Temperatura:** Incrementos de temperatura resultan en pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula y apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas incoloras (GARZON, 2008), además la velocidad de degradación de antocianinas se incrementa durante el procesamiento y almacenamiento a medida que la temperatura aumenta. En la figura 06 se observa la ruta general de biosíntesis de las antocianinas.



**FIGURA 06: Ruta general de biosíntesis de las antocianinas**  
**FUENTE: WALFORD, 1980.**

#### 2.4.4 Antocianinas en cacao (*Theobroma cacao* L.)

La almendra de cacao posee numerosos polifenoles. La antocianina es la responsable de la coloración violeta de los cotiledones. La teobromina y la cafeína se encuentran ligados a los taninos formando compuestos complejos (MARQUEZ, 2009).

Durante la fermentación de los granos de cacao, las antocianinas son hidrolizadas por acción de las glicosidasas, que causan el blanqueamiento de los cotiledones. Estas enzimas hidrolizan el enlace glicosídico de las antocianinas y producen azúcar y aglicona, que reduce así el contenido de antocianinas (WOLLGAST, 2000).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto y del Instituto de Cultivos Tropicales - Banda de Shilcayo.

##### **3.1.1 Muestras**

Se utilizaron 40 Kg de granos de cacao CCN 51 (Colección Castro Naranjal) (*Theobroma cacao L.*); en baba para cada cajón fermentador cosechadas en el distrito de Cacatachi, provincia de San Martín.

#### **3.2 Materiales y equipos**

##### **3.2.1 Materiales de campo**

- Tijera cosechadora
- Machete sin filo
- Baldes de plástico de 20 kg
- Bolsas de polietileno
- Cajón fermentador de madera (0,60 x 0,50 x 0,5 m.)
- bandejas con malla (200 x 70 x 8 cm.)
- Costales de yute
- Costales de polipropileno
- Cuchilla para corte.

##### **3.2.2 Materiales de laboratorio**

- Vasos de precipitación de 50, 100 y 250 mL.
- Micropipetas 0-10  $\mu$ L, 10-100 $\mu$ L, 100-1000  $\mu$ L y 5 ml
- Tubos de ensayo de 10 mL.
- Probetas graduadas de 10, 100, 250 y 500 mL.
- Frascos de vidrio color ámbar de 100 mL
- Termómetros de mercurio (0 – 100 °C)
- Placas Petri

- Campanas desecadoras de vidrio al vacío.
- Cubetas de poliestireno Gene Mate® (1cm x 1cm x 4,5cm);
- Tips FISHERBRAND® (1000 y 200 µL);

### 3.2.3 Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCl) (Merk) pureza 36,5 %
- Ácido gálico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>) al 98,1% Sigma Aldrich
- Cloruro de potasio (KCl) (sigma) pureza 99,5
- Acetato de sodio (CH<sub>3</sub>COONa) (Merk) pureza 99 %
- Folin ciocalteu' sphenolreagent, 2N Sigma Aldrich
- Carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) p.a. ISO. Scharlau
- Metanol al 99% de pureza
- Etanol al 99,99% Merck KGaA
- Agua destilada
- Cloroformo 99,8% marca Merck. Germany.
- Fenoltaleína 0,1 %
- Hidróxido de sodio (NaOH) a 0,1 N

### 3.2.4 Equipos

- Espectrofotómetro modelo Genesys 6 (Thermo)
- Balanza analítica modelo Scout Pro SP2001 (OHAUS)
- Estufa Memmert Alemana de 56 litros de capacidad
- pH metro
- Colorímetro modelo Minolta modelo CR-400
- Congelador FFV-2065FW -20°C (Frigidaire, USA)
- Agitador magnético modelo 625 standard (VWR™ hot plate/stirrer).
- Homogenizador modelo VORTEX GENIE-2 (Scientific industries. SITM).
- Refractómetro de mesa
- Medidor de humedad Gehaka G600i.



### 3.3 Metodología

#### 3.3.1 Métodos de análisis

➤ **Cuantificación de polifenoles totales en granos de cacao CCN-51 en las etapas postcosecha**

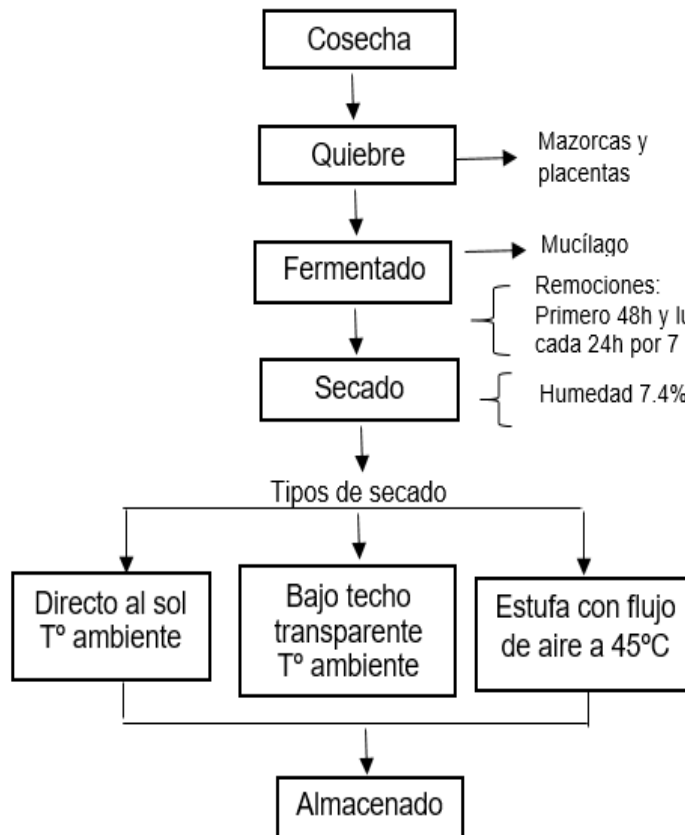
Se realizó por el método espectrofotométrico desarrollado por Folliny Ciocalteu, reportado por (SANDOVAL *et al.*, 2001).

➤ **Cuantificación de antocianinas en granos de cacao CCN 51 en las etapas postcosecha**

Se realizó por método del pH diferencial reportado por (POO, 2005).

#### 3.3.2 Metodología experimental

El procedimiento para la obtención de la muestra se presenta en la figura 07 y se describe a continuación.



**FIGURA 07. Flujograma de operaciones para la obtención de las muestras de cacao CCN-51**

### 3.3.2.1 Obtención de la muestra

- a. **Cosecha:** Se cosecharon las mazorcas maduras de cacao CCN-51 con tijeras podadoras, acumulándolas en montones para después extraer los granos, recomendado por ARMIJOS, (2002).
- b. **Quiebre:** Las mazorcas fueron quebradas con un machete teniendo cuidado de no causar heridas a los granos. Se extrajeron los granos de cacao de la placenta, según lo determina MENDOZA, (2013). Se tomó una muestra de 500g de cacao fresco para su caracterización.
- c. **Fermentación:** la fermentación de los granos de cacao se realizó en cajones de madera, de tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), con dimensiones de 0,60 x 0,50 x 0,5 m, los granos se cubrieron con costales de yute y polipropileno desde el inicio hasta el término de la fermentación. Pasada las 48 horas que es el tiempo de fermentación anaerobia se hizo la primera remoción y después se continuó la remoción cada 24 horas, tal como lo recomienda HUANCA, (2010). Se tomó una muestra de 500gr al término de la fermentación para su respectivo análisis.
- d. **Secado:** Los granos de cacao fermentado se sometieron a secado hasta una humedad final de 7.4%, tal como lo indica COVENIN (1998), ya que si se reduce demasiado el grano se vuelve muy quebradizo NOGALES *et al.*, (2006). A continuación se describen los tres tipos de secado.

➤ **Secado directo al sol**

Después de la fermentación los granos de cacao se sometieron a un proceso de secado directo al sol, la masa fermentada fue extendida sobre una manta de polipropileno, formando una capa de aproximadamente 2 cm de espesor, la cual fue removida cada 2 h para facilitar la evaporación del agua, permitiendo homogenizar los granos y evitando la proliferación de los hongos, según lo indica NOGALES *et al.*, (2006).

Se tomaron muestras cada 24 horas para analizar la humedad. Al final de cada día, los granos fueron recogidos, cubiertos y guardados en las mismas mantas hasta el día siguiente.

➤ **Secado bajo techo transparente**

Los granos fermentados de cacao fueron colocados y extendidos en bandejas con malla de 200 cm de largo x 70 cm de ancho y 8 cm de altura,

las cuales fueron removidos cada 2 h. Se tomaron muestras cada 24 horas para analizar la humedad.

➤ **Secado en estufa**

Los granos fermentados de cacao se sometieron a un proceso de secado en estufa con flujo de aire a una temperatura de 45 °C, los granos fueron extendidos sobre 2 bandejas y removidos cada 2 h para homogenizar los granos y evitando la proliferación de los hongos, según lo indica NOGALES *et al.*, (2006). Se tomaron muestras cada 24 horas Para determinar la humedad.

- e. **Almacenado:** Los granos secos se almacenaron en un ambiente libre de humedad y colocadas sobre tarimas para evitar el contacto con el suelo, recomendado por CUBILLOS *et al.*, (2008).

### 3.3.3 Preparación de extractos

Las operaciones de preparación del extracto para la cuantificación de polifenoles totales y antocianinas se muestran en la figura 08 y se describe a continuación:

**Descascarillado:** Los granos de cacao fueron descascarillados de forma manual, para la obtención de la almendras.

**Molido:** Se realizó para facilitar el proceso de desengrasado, la misma que se utilizó un mortero.

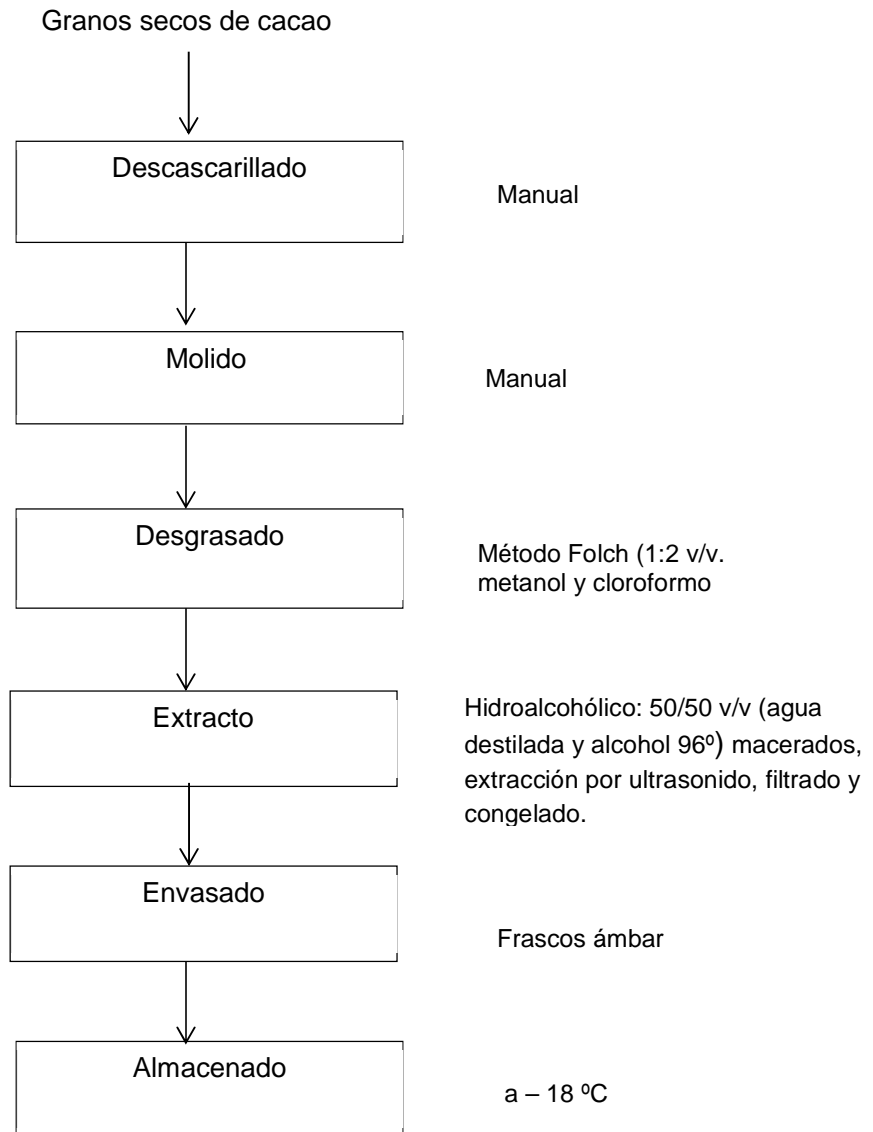
**Desengrasado:** El desengrasado se realizó por solventes en frío (método de Folch), que consistió en pesar 20 g de muestra de cacao secas molido y macerado por 24 h en 50 mL de solvente (1:2 v/v. metanol y cloroformo) en agitación, luego se filtró para separar la torta de la grasa; la torta fue secada en estufa a 45°C/15 min para evaporar el solvente.

**Envasado y almacenado:** Las muestras secas fueron almacenadas a -18 °C en bolsas de polietileno y rotuladas.

**Extracto hidroalcohólico:** Se preparó el extracto hidroalcohólico de las almendras de cacao (secadas directo al sol, secadas bajo techo transparente y secadas en estufa), a una concentración de 100 mg/ml, se pesó 3 g de muestra desengrasada, luego se enrasó hasta 25 ml con solución hidroalcohólica (50/50 v/v. agua destilada y alcohol 96° ), se transfirió a un frasco de vidrio de color ámbar, se tapó

herméticamente y se realizó una extracción asistida por ultrasonido a 50°C/50 min, descrito por CHEMAT (2011), posteriormente se filtró y se almacenó en frascos de color ámbar a -18 °C hasta su posterior análisis.

En la figura 08 se observa el flujograma de operaciones para la preparación del extracto Hidroalcohólico de cacao.



**FIGURA 08. Flujograma de operaciones para la preparación del extracto Hidroalcohólico de cacao**

### **3.3.3.1 Cuantificación de polifenoles totales en granos secos de cacao**

#### **CCN-51**

##### **Determinación de la curva estándar**

La curva estándar se realizó siguiendo la metodología descrita por HUANCA, (2010), se preparó una solución stock de 10 ml de ácido gálico a una concentración de 2 mg/ml a partir de ello se hallaron las concentraciones siguientes: 0,0625; 0,125; 0,25; 0,50 y 1,00 mg/ml, cada dilución se preparó por quintuplicado. Primero se agregó a cada tubo 1580 µl de agua destilada, 20 µl de muestra control y estándares (ácido gálico), para el control se adicionó 20 µl de agua destilada; se homogenizó ligeramente, luego se agregó 100 µl de solución de fenol Folin Ciocalteu, se incubó por 1 minuto a temperatura ambiente; se neutralizó la reacción agregando 300 µl de Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20% y finalmente se incubó por 2 horas a temperatura ambiente y en oscuridad, transcurrido ese tiempo se realizó la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a 700 nm.

##### **Cuantificación de polifenoles totales**

La cuantificación de polifenoles totales de las muestras de granos de cacao CCN-51, se realizó partiendo del extracto hidroalcohólico 100 mg/ml, a partir de ello se realizó la dilución de trabajo a 10 mg/ml, con 3 repeticiones por tratamiento, luego se adiciono en los tubos de ensayos para cada tratamiento 1580 µL de agua desionizada, 20 µL de extracto diluido, 100 µL de fenol Folin Ciocalteu y finalmente 300 µL de Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 20% y se incubó por 2 h a temperatura ambiente y oscuridad, luego se hizo la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 700 nm. Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación de la curva estándar y expresadas en equivalente de ácido gálico (g EAG/100g muestra).

### **3.3.3.2 Cuantificación de antocianinas en granos cacao CCN-51**

##### **Preparación de la solución Buffer**

Se prepararon dos soluciones buffer:

**Buffer pH = 1:** 125 ml de Cloruro de Potasio (KCl) 0,2 M y 375 ml de ácido Clorhídrico (HCl) 0,2 M y aforado a 1 L con agua desionizada.

**Buffer pH = 4,5:** 200 ml de Acetato de Sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) 1 M, 20 ml de ácido Clorhídrico (HCl) 1 M y 180 ml de agua desionizada y aforado a 1 L.

### Procedimiento de análisis

Se realizó partiendo del extracto hidroalcohólico 100 mg/ml, filtrado y asistido por ultrasonido, se trabajó con 3 repeticiones por cada tratamiento, en una cubeta de poliestireno se adicionó 500 µL de extracto de la muestra más 500 µL de buffer para ambos pH (1 y 4,5), y se hizo la lectura en espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 510 nm.

Las absorbancias obtenidas fueron reemplazadas en la ecuación y expresadas en mg cianidina-3-glucosido/g muestra.

$$C \text{ (mg/g)} = (A_{\text{pH}=1,0} - A_{\text{pH}=4,5}) * 482,82 (1000/24825) * DF$$

Dónde:

C (mg/g) = mg de cianidina-3-glucosido por g de muestra seca

PM = La masa molecular de la cianidina-3-glucosido es 482,82

AbM = la absortividad molar a 510 nm, a pH = 1,0; pH = 4,5 es la corrección de la formación de productos de degradación es 24825

DF = factor de dilución.

Todos los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el software estadístico INFOSTAT versión 2015, mediante el modelo estadístico Diseño Completo al Azar (DCA) comparando los promedios mediante la prueba de Tukey5 ( $p \leq 0,05$ ).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Características iniciales de la materia prima

En el cuadro 03 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización inicial físico-químicos de los granos frescos de cacao CCN-51.

**Cuadro 03: Caracterización físico-química de granos frescos cacao CCN-51**

Características	Grano fresco
Largo (cm)	2,64
Ancho (cm)	1,62
Espesor (cm)	1,32
Peso de 100 semillas (g)	2,73
Humedad (%)	52,85
Grasa (%)	48,9
PH	5,82
Acidez (% Ácido cítrico)	0,68
Ceniza (%)	4,94
Proteína	13,28
Polifenoles Totales (mg EAG/100g)	14,75
Antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/g)	5,31

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

Se observa que los valores de espesor y peso de la mazorca de cacao fueron similares a los encontrados por FASABI (2015). Cabe destacar que un buen manejo agronómico y un adecuado beneficio son indispensables para cumplir con las exigencias de calidad.

El contenido de humedad en el grano fresco fue 52,85%, valor que se encuentra por debajo de lo reportado por FASABI, (2015). La diferencia en el contenido de humedad puede deberse a diferentes factores, la madurez del fruto y la época de cosecha.

La acidez expresada como % de ácido cítrico fue de 0.68. Con respecto al pH se obtuvo 5,82 valor que se encuentra dentro del rango reportado por FASABI (2015).

La materia grasa fue de 48,9 % contenido de grasa inferior a lo reportado por ICTA (2008), quien afirma que cacaos que presentan contenidos de grasa del 53% y mayores son clasificados de buena calidad.

El contenido de polifenoles totales fue 14,75 mg EAG/100g. Por su parte HUANCA (2010) en su investigación obtuvo 9,209 mg EAG/100g. El contenido de antocianinas fue 5,31mg cianidina-3-glucosido/g. Como podemos apreciar los resultados obtenidos son superiores a lo reportado por dicho autor.

En el cuadro 04 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización físico-químicos de los granos secos de cacao CCN-51.

**Cuadro 04: Caracterización físico-química en granos de cacao CCN-51 mediante 3 tipos de secado**

Características	Secado directo al sol	Secado bajo techo transparente	Secado en estufa
Largo (cm)	2,42	2,41	2,44
Ancho (cm)	1,34	1,33	1,34
Espesor (cm)	1,01	0,99	1,02
Peso de 100 semillas (g)	1,65	1,66	1,65
Humedad (%)	7,4	7,4	7,4
Grasa (%)	49,09	49,13	49,95
PH	4,95	4,96	4,98
Acidez (% Ácido cítrico)	0,85	0,85	0,87
Ceniza (%)	2,61	2,60	2,61
Proteína (%)	12,52	13,52	13,53

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

Los resultados físicos determinados fueron más altos que los encontrados por BRAVO (2010), probablemente por diferencias en el procesamiento del grano. Cabe destacar que un buen manejo agronómico y un adecuado beneficio son indispensables para cumplir con las exigencias de calidad (Tomlins et al., 1993).

Los valores del contenido de humedad fueron similares en todos los tratamientos estudiados, este valor coincidente con el rango (6-8%) establecido por COVENIN (1998), es un requisito de calidad requerido por los mercados internacionales para la comercialización del grano de cacao.



Los valores finales de pH para el secado directo al sol fue 4,95, para el secado bajo techo transparente fue 4,96 y para el secado en estufa fue 4,98, valores próximos a 5, valor que ha sido señalado como grano fermentado de buena calidad (ARMIJOS, 2002). En el secado el pH se incrementa debido a la pérdida de ácidos conjuntamente con la evaporación del agua (NOGALES, 2006).

La acidez durante el secado tiene un comportamiento contrario al pH. La acidez para el secado directo al sol y para el secado bajo techo transparente fue 0,85; y para el secado en estufa fue 0,87. Se observó que conjuntamente con la pérdida de agua que se produce durante el secado, ocurre una merma de la acidez. Esta disminución de la acidez es favorecida cuando el secado procede lentamente (ARMIJOS, 2002).

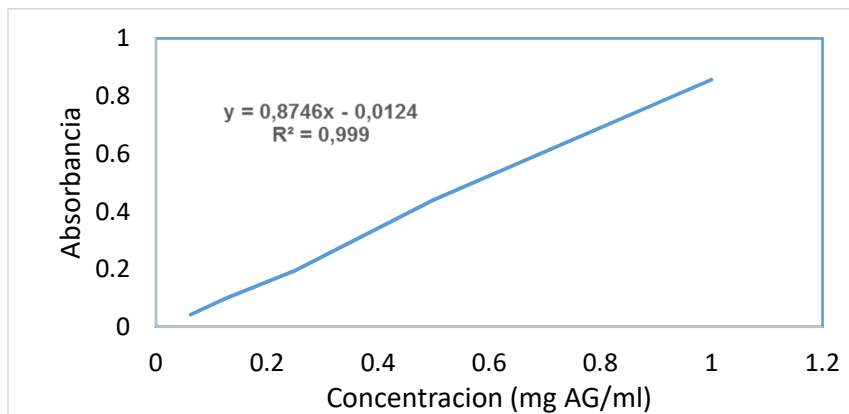
#### 4.1.1 Determinación de la curva estándar

Para la cuantificación de los polifenoles totales en 3 tipos de secado en granos de cacao fue necesario establecer una curva patrón y se elaboró en base al ácido gálico. Las diluciones estuvieron comprendidas entre 1 a 0,0625 mg/ml, los resultados se presentan en el cuadro 05 y figura 09.

**Cuadro 05. Resultado de las absorbancias para la curva estándar de polifenoles (mg EAG/100 g).**

Concentraciones (mg EAG/ml)	Absorbancias (700 nm)					Promedio
	r1	r2	r3	r4	r5	
1,000	0,844	0,913	0,868	0,804	0,857	0,857
0,500	0,37	0,509	0,411	0,41	0,502	0,440
0,250	0,186	0,224	0,202	0,158	0,204	0,195
0,125	0,083	0,124	0,108	0,08	0,094	0,098
0,0625	0,039	0,056	0,043	0,032	0,042	0,042

**Fuente: Elaboración propia (2016).**



**FIGURA 09. Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales.**

La ecuación de la gráfica encontrada es de primer orden teniendo como variable “y” (absorbancia) y “x” (concentración), al respecto  $y = 0,8746x$  y el valor de  $R^2 = 0,999$ ; esto indica que existe una relación positiva muy fuerte o casi perfecta HERNANDEZ *et al.*, (2001).

Para la curva estándar se debe utilizar compuestos puros y recomendados por los protocolos de análisis, en este caso se trabajó con ácido gálico recomendado por SANDOVAL *et al.*, (2001).

#### **4.2 Comportamiento de la humedad durante el tiempo de secado**

El proceso de secado se inició exponiendo los granos de cacao al secado directo al sol, bajo techo transparente y en estufa a 45°C con flujo de aire. En el primer día estuvieron todos los tratamientos, en los días 4 y 5 únicamente se presentaron dos tratamientos, debido a que el tratamiento secado en estufa con flujo de aire a 45 °C alcanzó la humedad deseada del 7,4%. En el día 7 únicamente quedó un tratamiento cuyo secado fue bajo techo trasparente. El porcentaje de humedad final fue logrado en los tres tratamientos, con una humedad del 7,4 % (Anexos 04, 05 y 06).

El secado de los granos de cacao por estufa con flujo de aire a 45°C fue el más efectivo, dado que a los tres días se alcanzó la humedad requerida de 7,4%. En los cuadros 06 y 07 se presentan las características climáticas de humedad relativa y temperatura promedio diario durante el tiempo de secado de los granos de cacao CCN-51.

**Cuadro 06. Características climáticas durante el tiempo de secado directo al sol**

Día/mes/año	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
	promedio	
29-sep-16	33.36	77.46
30-sep-16	30.3	71.88
01-oct-16	34.05	78.5
02-oct-16	26.92	86.92
03-oct-16	29.03	82.71

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

**Cuadro 07. Características climáticas durante el tiempo de secado bajo techo transparente**

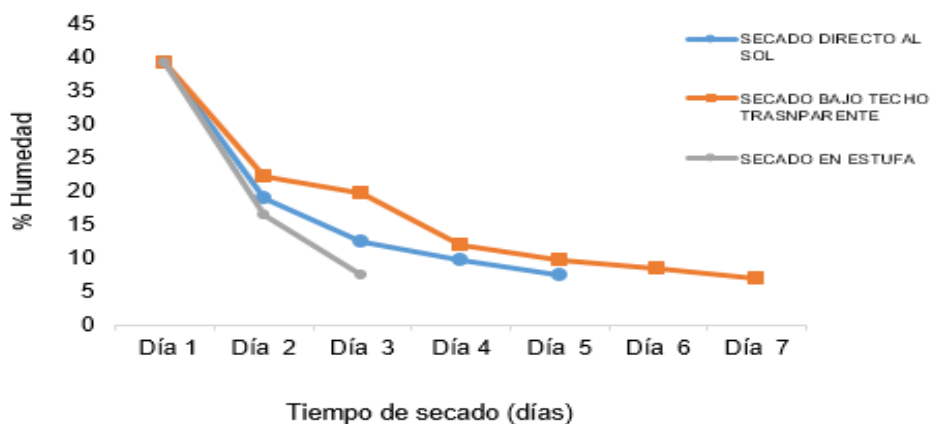
Día/mes/año	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
	promedio	
29-sep-16	31.21	77.46
30-sep-16	29.4	71.88
01-oct-16	33,26	78.5
02-oct-16	25.52	86.92
03-oct-16	28.55	82.71
04-oct-16	29.25	81.67
05-oct-16	28.82	72.88

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

La humedad de los granos mostró un descenso del 39,11 al 7,4%, con este contenido de humedad final el grano puede almacenarse sin problema a temperatura ambiente COVENIN (1995). Después del secado se detienen las reacciones de oxidación de los compuestos fenólicos causadas por la enzima polifenoloxidasas. Dicha oxidación favorece la disminución de los niveles de astringencia y del gusto amargo, así como un desarrollo del color café característico del cacao (GUTIÉRREZ, 1988; WOOD, 1982).

Las diferencias observadas en cada tratamiento son atribuidas a la temperatura del medio, la velocidad del viento, puesto que el calor y el movimiento del aire contribuyen a la remoción de la humedad y a la pérdida de agua (BRAVO, 2010).

En la figura 10 se presenta el gráfico de pérdida de humedad en los granos de cacao durante el tiempo de secado.



**FIGURA 10. Humedad del cacao durante el tiempo de secado en 3 tipos de secado.**

### 4.3 Cuantificación de polifenoles totales en 3 tipos de secado.

Los polifenoles tienen mucho interés debido a su capacidad antioxidante y posibles beneficios para la salud humana, así mismo los granos de cacao es la principal materia prima para la elaboración de chocolates que son muy consumidos a nivel mundial. La cuantificación de polifenoles totales en los granos secos de cacao se presenta en el Cuadro 08.

**Cuadro 08. Cuantificación de polifenoles totales en granos de cacao mediante 3 tipos de secado**

Muestras	SECADO DIRECTO AL SOL (mg EAG/100g)	% DEGRADACION	SECADO BAJO TECHO TRANSPARENTE (mg EAG/100g)	% DEGRADACION	SECADO EN ESTUFA (mg EAG/100g)	% DEGRADACION
1 día de Secado	12,51	15,2	12,40	15,9	12,55	14,9
2 días de Secado	11,41	22,7	11,22	23,9	11,92	19,1
3 días de Secado	10,50	28,8	9,36	36,5	8,03	45,5
4 días de Secado	8,57	41,9	8,16	44,7		
Final de secado (7,4 % H)	6,81	53,8	6,76	54,2		

Fuente: Elaboración propia (2016).

Durante el proceso de secado a los 2 y 4 días existió pérdida en el contenido de polifenoles totales, en el caso del secado directo al sol a los 2 días se degradó 22,7% y a los 4 días 41,9%; para el caso del secado bajo techo transparente a los 2 días degradó 23,9% y a los 4 días 44,7%; y para el secado en estufa a los 2 días se degradó 19,1%, como podemos apreciar los tipos de secado tienen comportamientos diferentes esto puede deberse a lo indicado por CONDEZO (2011), la reducción de los polifenoles durante el secado al sol ha sido atribuido principalmente al pardeamiento enzimático. Someter los granos de cacao fermentado a un proceso de secado artificial es una estrategia útil, pues comparándolo con el secado natural, es más eficiente en términos de tiempo y además presenta la capacidad de disminuir la pérdida de polifenoles aproximadamente un 30%.

El contenido de polifenoles totales en el secado por estufa fue 8,03 g EAG/100g, en el secado directo al sol 6,81g EAG/100g y el menor contenido se reportó en el secado bajo techo transparente 6,76 g EAG/100g; podemos indicar que entre los tipos de secado existió diferencia significativa (Ver Anexo 7).

Los valores encontrados en los granos secados directo al sol concuerdan con lo reportado por HUANCA (2010), en su trabajo de respecto a la cuantificación de polifenoles totales en granos de cacao CCN51 fermentado y secado directo fue de 6,56g EAG/100g, comparando estos resultados con los datos de la investigación el contenido de polifenoles se encuentra dentro del rango. (Ver Anexo 01).

NOGALES, (2006) indica que durante la etapa de secado se reduce el contenido de polifenoles, esto se atribuye al pardeamiento enzimático causada por la enzima polifenoloxidasas; así mismo, cuanto mayor sea la humedad, aumenta la oxidación de los polifenoles presentes en el cacao; ORTIZ *et al.*, (2009) dice que el contenido de polifenoles totales de los granos de cacao disminuyen aún más después del secado, los granos tienen que secarse con la finalidad de poder comercializar y evitar el daño microbiano tal como lo indica ARMIJOS (2002) que en la etapa de secado el contenido de humedad se reduce hasta 8 % evitando el desarrollo de mohos que deterioran la calidad del grano y el color varía a marrón por las reacciones de condensación de la proteína a quinona que ocurre después de la oxidación enzimática de polifenoles tales como las leucocianidinas y las epicatequinas.

El secado en estufa con flujo de aire a 45 °C, fue más eficiente, ya que luego de 3 días de secado, condujo a porcentajes de humedad menores en comparación con las otras dos metodologías de secado.

La modificación en composición química de los granos de cacao, se puede observar en el cuadro 08. Con estos resultados es posible asegurar que la metodología óptima para secar granos de cacao, que previamente han sido sometidos a un proceso de fermentación, es el secado en estufa con flujo de aire a 45 °C, bajo estas condiciones de secado la degradación de polifenoles totales fue de 45.5%; en comparación directo al sol fue 53,8% y secados bajo techo transparente fue 54,2%. Comparando los resultados, es claro que el secado de granos de cacao en estufa con flujo de aire a 45 °C además de que es más eficiente en términos de tiempo, presenta la capacidad de disminuir la pérdida de polifenoles.

#### **4.4 Cuantificación de antocianinas en 3 tipos de secado.**

Las antocianinas son compuestos del grupo de los flavonoides que se caracteriza por su alto poder reductor, son los responsables de conferir los colores rojo, azul y violeta a frutos y flores.

Con respecto al comportamiento de los granos de cacao secados a los 2 y 4 días existió pérdida en el contenido de antocianinas en el caso del secado directo al sol a los 2 días se degradó 42,3% y a los 4 días 51,9%; para el caso del secado bajo techo transparente a los 2 días degradó 42,5% y a los 4 días 50,2%; y para el secado en estufa a los 2 días se degradó 44,4%, este comportamiento puede ser explicado por BRAVO (2010), quien indica que durante la fermentación se da el cambio de color del cotiledón que pasa de violeta a marrón por la liberación de antocianinas, y la concentración de antocianinas se reduce en un 90%.La cuantificación de antocianinas en los granos secos de cacao se presenta en el cuadro 09.

**Cuadro 09. Cuantificación de antocianinas en granos de cacao mediante 3 tipos de secado.**

Muestras	SECADO DIRECTO AL SOL (mg cianidina-3-glucosido/g)	% DEGRADACION	SECADO BAJO TECHO TRANSPARENTE (mg cianidina-3-glucosido/g)	% DEGRADACION	SECADO EN ESTUFA (mg cianidina-3-glucosido/g)	% DEGRADACION
1 día de Secado	3,34	37,1	3,28	38,2	3,52	33,7
2 días de Secado	3,06	42,3	3,05	42,5	2,95	44,4
3 días de Secado	2,85	46,3	2,83	46,7	2,31	56,5
4 días de Secado	2,55	51,9	2,64	50,2		
Final de secado (7,4 % H)	2,02	61,9	2,01	62,2		

**Fuente: Elaboración propia (2016).**

El mayor contenido de antocianinas correspondió al secado en estufa con flujo de aire a 45°C con 2,31 mg cianidina-3-glucosido/g, secado directo al sol con 2,02 mg cianidina-3-glucosido/g y el menor fue el secado solar bajo techo transparente con 2,01 mg cianidina-3-glucosido/g, como podemos apreciar entre el secado directo al sol y el secado solar bajo techo transparente no existe significancia de variación del contenido de antocianinas (Ver Anexo 7).

Los resultados fueron expresados en cianidina-3-glucosido según POO S., (2005), reporta que la cianidina-3-glucosido da el mayor poder radical lo que confiere la mayor capacidad antioxidante. El contenido de antocianinas con mayor degradación fue el secado directo al sol y el secado bajo techo transparente, esta disminución puede deberse a lo indicado por NOGALES *et al.*, (2006) el desarrollo del color marrón en los granos de cacao está relacionado con la reacción de oxidación, debida a la penetración por difusión del oxígeno en los cotiledones durante la desecación.

La metodología óptima para secar granos de cacao es el secado en estufa a 45 °C con flujo de aire, ya que la degradación de antocianinas es cercana al 56,5

%, permitiendo la obtención de extractos con mayor contenido en comparación con los otros tipos de secado, para las que se encontró que conducían a una degradación de 61,9% y 62,2% con el secado directo y solar respectivamente. Comparando los resultados, es claro que el secado de granos de cacao en estufa, además de que es más eficiente en términos de tiempo, presenta la capacidad de disminuir la pérdida de antocianinas en el proceso de postcosecha (Ver Anexo 02).

El secado en estufa con flujo de aire a 45 °C, fue más eficiente, ya que luego de 3 días de secado, condujo a porcentajes de humedad menores en comparación con las otras dos metodologías de secado.

La modificación en composición química de los granos de cacao, se puede observar en el cuadro 09. Con estos resultados es posible asegurar que la metodología óptima para secar granos de cacao, que previamente han sido sometidos a un proceso de fermentación, es el secado en estufa con flujo de aire a 45 °C, bajo estas condiciones de secado la degradación de antocianinas fue de 56,5%; en comparación directo al sol fue 61,9% y secados bajo techo transparente fue 62,2%. Comparando los resultados, es claro que el secado de granos de cacao en estufa con flujo de aire a 45 °C además de que es más eficiente en términos de tiempo, presenta la capacidad de disminuir la pérdida de antocianinas.



## V. CONCLUSIONES

- El cacao CCN-51 (*Theobroma cacao L.*) en estudio presentó disminución de la acidez ya que el proceso de secado fue lentamente. El pH fue de 4,95 para el secado directo al sol, para el secado bajo techo transparente fue 4,96 y para el secado en estufa fue 4,98 concluyendo como granos fermentados de buena calidad.
- Los granos de cacao CCN-51 secados en estufa con flujo de aire a 45 °C presentaron pérdidas de polifenoles totales de 45,6%, secadas al sol directo 53,9% y un 54,6% en secado solar.
- Los granos de cacao CCN-51 secados en estufa con flujo de aire presentaron pérdidas de antocianinas de 56,5%, secadas al sol directo 61,9% y un 62,2% en secado solar.
- El tipo de secado en estufa a 45°C con flujo de aire fue el más eficiente en términos de tiempo de secado, ya que esta alcanzó la humedad requerida en el tercer día, mientras que bajo techo transparente se necesitaron 5 días de secado y para secado directo al sol se necesitaron 7 días.
- Se encontró que hay diferencia significativa entre los tratamientos, cumpliendo con lo planteado en el objetivo. Estos resultados permiten establecer que someter los granos de cacao a un proceso de secado en estufa con flujo de aire a 45 °C, es una estrategia útil, pues comparándola con el secado directo al sol y el secado bajo techo transparente, es más eficiente en términos de tiempo y además presenta la capacidad de disminuir la pérdida de polifenoles totales y antocianinas.

## VI. RECOMENDACIONES

- Para minimizar los cambios físicos y químicos en el grano de cacao es recomendable secar en secadores industriales extrapolando los parámetros obtenidos a nivel de laboratorio.
- Evaluar el comportamiento de polifenoles totales y antocianinas durante la elaboración de los productos finales.
- Se recomienda el consumo de productos derivados del cacao por su alto contenido de polifenoles beneficiosos para la salud.
- Se recomienda desarrollar una investigación sobre el efecto de la inactivación de las enzimas mediante el escaldado de los granos de cacao.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- ARMIJOS, A. (2002). Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación, Tesis Lic. en Química. Pontificia Universidad Católica. Quito, Ecuador.
- BADUI, S. (1999). Química de los Alimentos, 3a edición. México
- BATISTA, L. (2009). Manual sobre el cultivo del cacao. CEDAF. República Dominicana. [Consultado el 15 de febrero del 2016]. Disponible en: <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- BECKETT, S. (1994). Fabricación y utilización industrial del chocolate. Ed. Acribia 3ª Edición. Zaragoza, España.
- BRAVO, D. (2010). Evaluación fisicoquímica del comportamiento de las almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) de seis clones: ICS -1, ICS-95, UF-613, IMC-67, TSH-565, CCN-51 y el cacao criollo durante el proceso de fermentación y secado. Tesis ing. Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- CALDERÓN, L. (2002). Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación a la calidad. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- CONDEZO, O. (2011). Polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) comercial de Tingo María y Tocache. Tesis ing. Ind. Alim. Universidad Nacional Agraria la Selva. Tingo María, Perú.

- COVENIN, (1998). Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), la calidad de los granos de cacao. [Consultado el 02 de octubre del 2016]. Disponible en: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/442-95.pdf>
- CUEVAS, A. y WINTERHALTER, P. (2008). Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz boliviano. Cartagena, Colombia.
- CUBILLOS, G.; MERIZALDE G. J. y CORREA E. (2008). Manual de beneficio del cacao. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- DE LA MOTA IGNACIO. (2008). El Libro del Chocolate, Editorial: Pirámide S.A. ESPAÑA. Pág. 271.
- DILLINGER, T.; BARRIGA, P.; ESCÁRCEGA, S.; JIMÉNEZ, M.; SALAZAR, D.; GRIVETTI, L., (2000). Comida de los Dioses: Cura para la humanidad. Una historia cultural del uso medicinal y ritual del chocolate. Santiago, Chile.
- DOSTERT, N., ROQUE, J., CANO, A., LA TORRE, M., Y WEIGEND, (2012). Hoja botánica: Cacao. Lima Perú
- DRASAM, (2016). Base de datos cadena productiva de cacao. Dirección regional agraria San Martín. Dirección de promoción agraria DPA. San Martín, Perú.
- ENRÍQUEZ G. A, (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza. Costa Rica.
- ESPINOSA J, MITE F, CEDEÑO S, BARRIGA S, Y ANDINO J. (2006). Base específica del sitio de gestión del cacao. Quito, Ecuador. [Consultado el 22 de febrero del 2016]. Disponible en: <https://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/FCEDACEFDCAOE321/06-1p36.pdf>

- FASABI K. (2015). Obtención de aromas en granos de cacao en el clon CCN51 a partir de pulpas de frutas en la provincia de Mariscal Cáceres. Tesis ing. Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- FENNEMA, R. (2000). Agua y hielo. En Química de los alimentos, p. 19-103. Ed. Acribia, Zaragoza. España.
- GARZON, G. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. Acta biol. Colomb., Bogotá, Colombia.
- GIL, A. (2012). Estabilidad y actividad antioxidante de catequinas presentes en cacao colombiano durante los procesos de pre e industrialización. Tesis, Mg. Ciencias farmacéuticas. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. [Consultado el 22 de octubre del 2016]. Disponible en:  
<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/1621/TESISJorgGilFINAL.pdf>
- GONZALES, F., ANTEPARRA, M., ADRIAZOLA, J., NATIVIDAD, R., GARCIA, L. (2007). Cultivos industriales tropicales: cacao, café y palma aceitera. Tesis ing. Ind. Alim. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- GUTIÉRREZ, H. (1988). El Beneficio del cacao, Gobernación de Antioquia Secretaria de Agricultura. Publicación Técnica N° 9. Medellín, Colombia.
- HANSEN C., DELOLMO M. y BURRI C. (1998). Actividades enzimáticas en los granos de cacao durante la fermentación. Editorial Group. Dirección de Información de la FAO.
- HERNANDEZ L., CARLOS E., GARCÍA A., ROMERO N., ESCOBAR A. (2001). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de bebidas elaboradas con panela. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar. Venezuela.

- HUANCA M. J. (2010). Polifenoles totales, catequina y actividad antioxidante en granos de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis ing. Ind. Alim. Universidad Nacional Agraria la Selva. Tingo María. Perú. [Consultado el 02 marzo del 2016]. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4814490>
- ICTA. (2008). Caracterización fisicoquímica y nutricional de almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) frescas y fermentada. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. [Consultado el 12 enero del 2017]. Disponible en:  
<https://tesis/caracteristicasquimicas%ferment-polifenolesencacao.pdf>
- KIM, H. Y KEENEY, G. (1984). Método de análisis para el contenido de (-) – Epicatequina en granos fermentados y no fermentación de los granos de cacao. Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición Y Bromatología. Universidad de Murcia. España.
- LEWIS, C., y WALKER, J. (1995). Efecto de los polisacáridos sobre el color de las antocianinas. Química de Alimentos. Barcelona, España.
- LOPEZ A. y DIMICK P., (1991). Enzimas implicadas en la curación del cacao, enzimología de los alimentos. Editor K. Strauss. Buenos Aires, Argentina
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C, REMESY, C. y JIMENEZ, L. (2004). Polifenoles: fuentes de alimentos y biodisponibilidad. Instituto de Investigación en Ciencias de Alimentación. Madrid. España
- MARQUEZ, E. (2009). Contribución a la biología molecular de los genes antocianidina sintasa y sorbitol deshidrogenasa en cultivares criollos y trinitarios de *Theobroma cacao* L. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia
- MENDOZA, V. (2013). El estudio del cacao. Opción rentable para la selva central. Centro de estudio y promoción del desarrollo. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. Lima, Perú.

- MINIFIE B. (1989). Chocolate, cacao y confitería Ciencia y tecnología. Nueva York, Estados Unidos de América [Consultado el 21 de febrero del 2016]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90118/D-79626.pdf>
- MIJAIL, A. (2010). Cultivo de Cacao. Primera Edición. Editorial Macro. Lima, Perú.
- MORENO, L. J. y SÁNCHEZ, J. A. (1989). Beneficio del Cacao. Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas. San Pedro Sula, Honduras.
- MOSSU, G. (1992). Drying. Pages 73-77 in: Cocoa. The Tropical Agriculturist. London, Reino Unido.
- NEGARESH, M., (2013). El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao Nicaraguense y productos alimenticios comercializados. Rev. Agroforestería de las Américas. Nicaragua. [Consultado el 21 de enero del 2017]. Disponible en: <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/12.Negaraesh.pdf>.
- NOGALES, J.; GRAZIANI DE FARIÑAS, N.; 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. [Consultado el 08 de enero del 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sciarttext&pid192>
- ORTIZ L, GRAZIANI L, ROVEDAS L. (2009). Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Estado Aragua Venezuela
- PORTILLO, E.; GRAZIANI DE FARIÑAS, L.; y CROS, E. (2005). Efecto de los tratamientos post- cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del lago de Maracaibo. Facultad de Agronomía. Venezuela.

- POO S. (2005). Concentración de antocianinas en jugo de cranberries (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) mediante nanofiltración. Tesis Lic. Ciencias de los Alimentos. Universidad Austral de Chile.
- RAMIREZ J. (2013). Actividad antioxidante in vitro, determinación de polifenoles totales de raíz de *physalis angulata*. Tesis ing. Ind. Alim. Universidad Nacional Agraria la Selva. Tingo María. Perú.
- RIGEL J. LIENDO. (2005). Investigador INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas. Maracay, Venezuela.
- SÁNCHEZ, A. (2007). Características organolépticas del cacao (*Theobroma Cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. Quevedo, Ecuador.
- SÁNCHEZ CHAVARRÍA, ARTURO E. Y ZABALA BUECHSEL, JOSÉ ÁNGEL., (2013). Secadora solar tipo invernadero. Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). Guatemala.
- SANDOVAL, M.; OKUHAMA, N.; ANGELES, F.; MELCHOR, V.; CONDEZO, L. y MILLER, M. (2001). Actividad Antoxidante de la Maca Vegetal Crucifera. Química de Alimentos. [Consultado el 12 de mayo del 2016]. Disponible en: <https://www/MacaLepidiummeyeni/AntioxidanteMacaLepidiummeyeni.pdf>
- SCHWAN G. (1996). Microbiología de la Fermentación del Cacao: Un Estudio para Mejorar la Calidad. Conferencia Internacional de Investigación en Cacao. Salvador, Brasil.
- SUAZO Y. (2012). Efecto de la fermentación y el tostado sobre la concentración polifenólica y actividad antioxidante de cacao Nicaraguense. Universidad Pública de Navarra. España [Consultado el 12 de enero del 2017]. Disponible en: <https://academica.unavarra.es/tecnologiaycalidadenlasindustrias/suazo.pdf>



- TOMLINS, K.; D. M. BAKER, P. DAPLYN Y D. ADOMAKO. (1993). Efecto de las prácticas de fermentación y secado sobre los perfiles químicos y físicos del cacao de Ghana. Ghana.
- UGARTONDO, V. (2009). Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a estrés oxidativo en modelos celulares. Universidad de Barcelona. España.
- WALFORD J. (1980). Desarrollos en colores alimenticios. Editores de Ciencias Aplicadas. Universidad de Buenos Aires Buenos Aires, Argentina
- WAKAO H. (2002). Estudio de la variación del contenido de alcaloides en cacao (Theobroma cacao L.) de producción nacional durante el proceso de beneficio. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador.
- WOLLGAST J, ANKLAM E. (2000). Revisión de los polifenoles en Theobroma cacao: Cambios en la composición durante la fabricación del chocolate y metodología para la identificación y cuantificación. Food Research International. Universidad de Antioquia. Colombia.
- WOOD, G. (1982). Cacao. CECSA. Traducido por Ambrosio. México.
- ZAHOULI, G.I.; GUEHI, S.T.; FAE, A.M.; BAN-KOFFI, L.; NEMLIN, J.G. (2010). Efecto de los métodos de secado sobre los rasgos de calidad química de la materia prima del cacao. Advance Journal of Food Science and Technology. Departamento de Ciencia Y Tecnología de los Alimentos. Universidad e Pondicherry. India

## VIII. ANEXOS

**Anexo 01:** Cuantificación de polifenoles totales en granos de cacao CCN-51 con y sin beneficio.

Muestras	Tra	polifenoles (mg EAG/100g)	% DEGRADACION
Grano Fresco en baba	T1	14,745	0,0
Grano fermentado	T2	12,60	14,5
Secado directo al sol	T3	6,81	53,8
Secador Solar bajo techo transparente	T4	6,69	54,2
Secado en estufa	T5	8,03	45,5
Tostado	T6	5,17	64,9

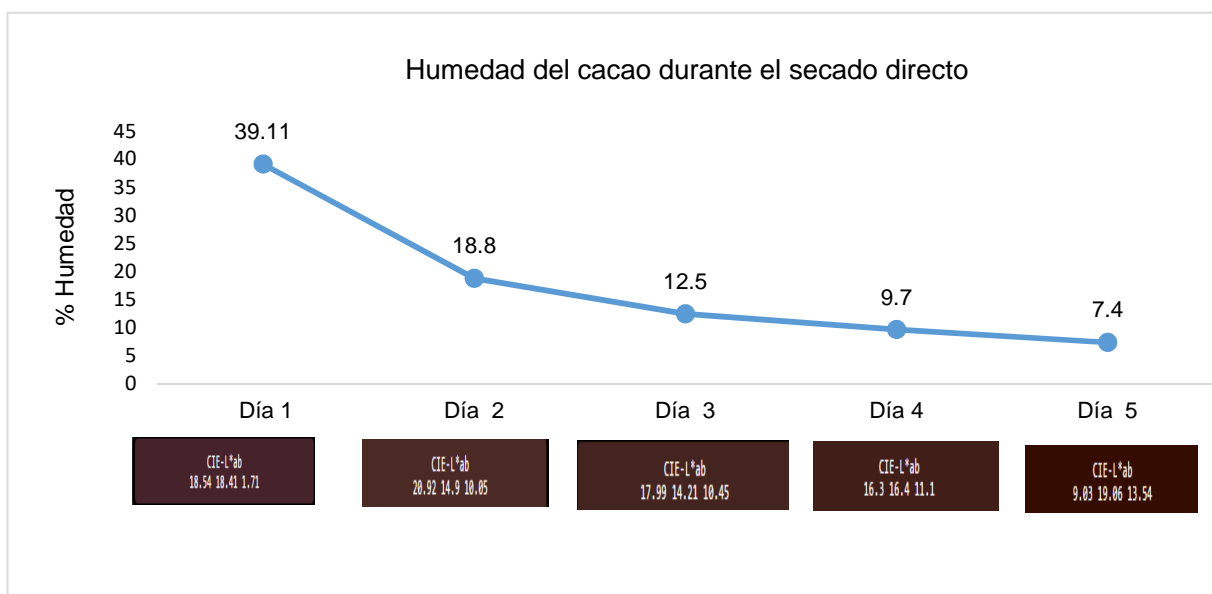
**Anexo 02:** Cuantificación de antocianinas en granos de cacao CCN-51 con y sin beneficio

Muestras	Tra	Antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/g)	% DEGRADACION
Fresco no fermentado	T1	5,306	0
Grano fermentado	T2	3,994	24,72
Directo al sol	T3	2,02	61,9
Solar bajo techo transparente	T4	2,01	62,2
En estufa	T5	2,30	56,5
Tostado	T6	1,225	76,9

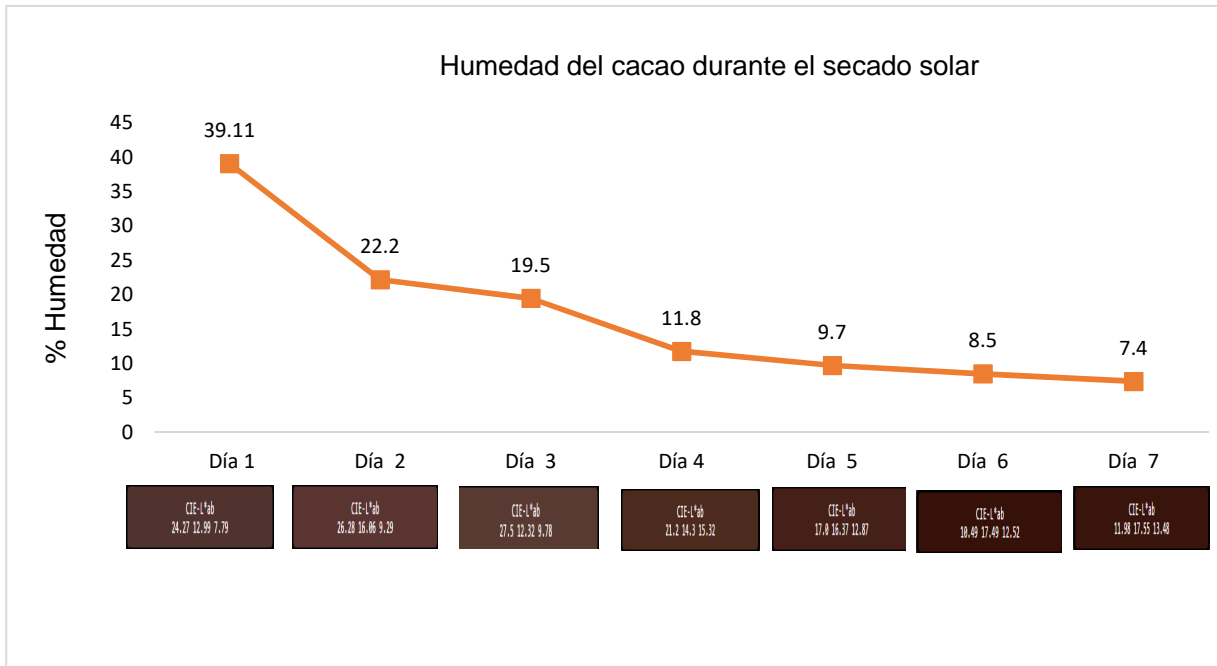
**Anexo 03:** Características físicas-químicas de las semillas de cacao en los 3 tipos de secado

Características	secado directo	secado solar	secado en estufa
Largo (cm)	2,45	2,16	2,51
Ancho (cm)	1,44	1,41	1,61
Espesor (cm)	0,84	0,81	0,85
Peso de 100 semillas (g)	1,67	1,6	1,59
Humedad (%)	7,42	7,44	7,42
Grasa total (%)	49,55	49,52	49,95
ph	5	5	5,01
Acidez (% b.s.)	0,99	1	0,99
Ceniza (% b.s.)	2,61	2,61	2,6
Proteína cruda	12,51	12,52	12,52
Polifenoles Totales (mg EAG/100g)	6,81	6,69	8,03
Antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/g)	2,02	2,01	2,3

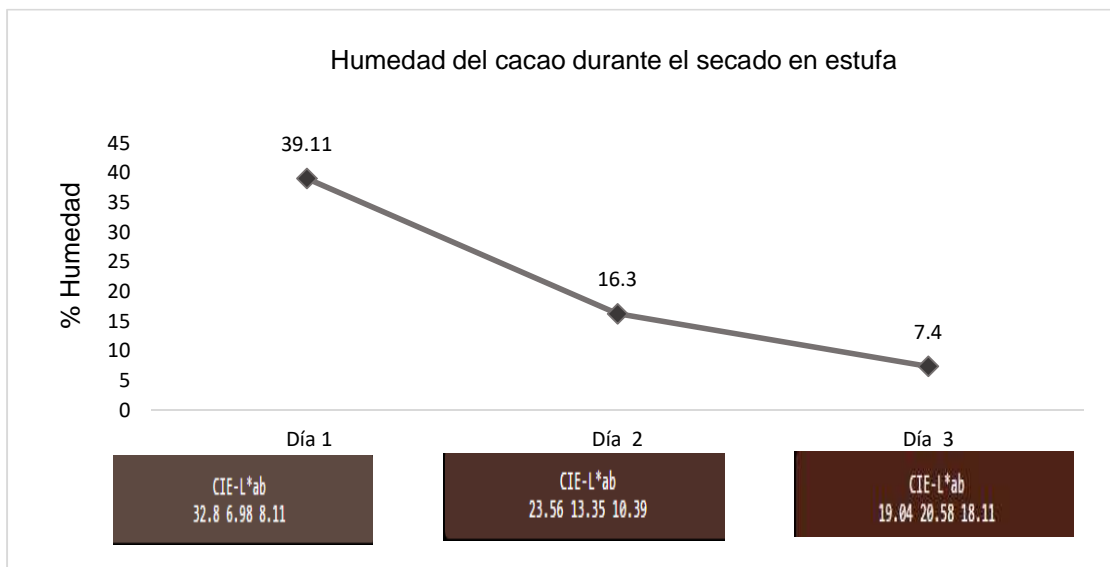
**Anexo 04:** Humedad del cacao durante el secado directo



**Anexo 05: Humedad del cacao durante el secado solar**



**Anexo 06: Humedad del cacao durante el secado en estufa**



**Anexo 07:** Resultado del análisis de polifenoles y antocianinas del grano de cacao en tres tipos de secado (ANOVA).

F.V	SC	gl	CM	F	Sig.
Polifenoles (mg EAG/100g)					
Tratamientos	3,3	2	1,65	6651,56	<0,0001
Error	0,0015	6	0,00025		
Total corregido	3,3	8			
R 2= 1,00      CV= 0,22					
antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/g)					
Tratamientos	0,51	2	0,25	20334,81	<0,0001
Error	0,000075	6	0,000012		
Total corregido	0,51	8			
R 2= 1,00      CV= 0,18					

**Software estadístico INFOSTAT versión 2015.**

F.V	SC	gl	CM	F	Sig.
Polifenoles (mg EAG/100g)					
Tratamientos	3,296	2	1,648	6651,56	<0,0001
Error	0,00149	6	0,00025		
Total corregido	3,2977	8			
R 2= 1,00					
antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/g)					
Tratamientos	0,50611	2	0,2530	20334,81	<0,0001
Error	0,000075	6	0,000012		
Total corregido	0,50618	8			
R 2= 1,00					

**Software estadístico MINITAB 17.**

**Anexo 08:** Cosecha de mazorcas sanas y maduras de cacao CCN-51



**Anexo 09:** Secado directo. Remoción de la masa para uniformizar el secado.



**Anexo 10:** Secador solar, granos de cacao secados bajo sombra.



**Anexo 11:** Secado en estufa. Remoción de la masa para uniformizar el secado.

