



**Esta Tesis se publicó bajo la licencia Creative Commons  
Reconocimiento – No comercial – Compartir  
Vea una copia de la licencia, en  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>**



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## TARAPOTO

## FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ALMENDRAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L) DE SEIS CLONES: ICS -1 (*Imperial Collage Selection*), ICS – 95 (*Imperial Collage Selection*), UF – 613 (*United Fruit*), IMC – 67 (*Iquitos Marañón Colection*), TSH – 565 (*Trinidad Selection Hybrida*), CCN-51 (*Colección Castro Naranjal*) Y EL CACAO CRIOLLO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN Y SECADO”.**

TESIS

Para optar por el Título Profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentada por la Bachiller

**DIANA CAROLINA BRAVO RAMIREZ**

TARAPOTO - PERÚ

2010

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

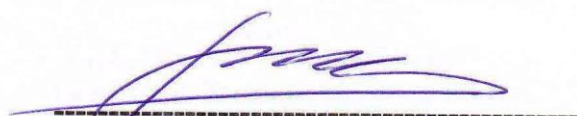
**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ALMENDRAS DE CACAO (*Theobroma cacao* L) DE SEIS CLONES: ICS -1 (*Imperial Collage Selection*), ICS – 95 (*Imperial Collage Selection*), UF – 613 (*United Fruit*), IMC – 67 (*Iquitos Marañón Colection*), TSH – 565 (*Trinidad Selection Hybrida*), CCN-51 (*Colección Castro Naranjal*) Y EL CACAO CRIOLLO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN Y SECADO”.**

**TESIS**

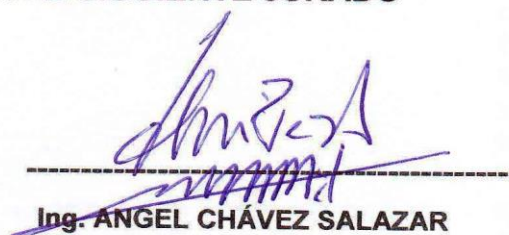
Para optar por el título profesional de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por la bachiller

**DIANA CAROLINA BRAVO RAMÍREZ****SUSTENTADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO**

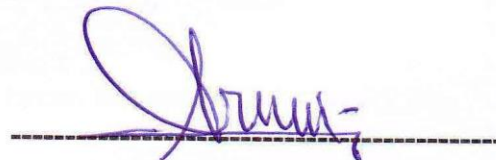
Ing. M. Sc. JUAN JOSÉ SALAZAR DIAZ  
PRESIDENTE



Ing. ANGEL CHÁVEZ SALAZAR



Ing. M. Sc. JAIME RAMÍREZ NAVARRO  
MIEMBRO



Ing. Dr. ANIBAL QUINTEROS GARCÍA  
ASESOR

TARAPOTO – PERÚ

2010

## ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	9
<b>SUMMARY</b>	10
<b>I.- INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	13
2.1.- Origen y distribución de la materia prima	13
2.2.- Características botánicas	14
2.2.1.- Taxonomía	14
2.2.2.- Descripción botánica	14
2.2.3.- Sistemas de propagación del cacao	16
2.3.- Principales variedades de cacao	17
2.4.- Composición química de la materia prima	18
2.5.- Métodos utilizados para la preservación del producto	19
2.5.1.- Época y métodos de cosecha	19
2.5.2.- Tratamiento de postcosecha del cacao	19
2.5.3.- Calidad de los granos de cacao	25
2.6.- Características generales de los 6 clones utilizados en el presente trabajo de investigación	27
2.7.- Características generales del cacao criollo	30
2.8.- Identificación de los defectos que influyen en la calidad del cacao en grano	31
2.8.1.- Parámetros para el control de la calidad del cacao en grano	39
<b>III.- MATERIALES Y MÉTODOS</b>	39
3.1.- Lugar de ejecución	39
3.2.- Materiales y equipos	39
3.2.1.- Materia prima	39
3.2.2.- Equipos	39
3.2.4.- Materiales	40
3.2.5.- Reactivos	40
3.3.- Métodos analíticos y experimentales	41
3.3.1.- Metodología experimental	41
3.3.2.- Análisis fisicoquímico	45
3.4.- Diseño experimental de procesos	52
3.5.- Diseño estadístico	56
<b>IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	59
4.1.- Análisis fisicoquímicos de las almendras de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L), durante el proceso de fermentación y secado	59
4.1.1.- Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación	59
4.1.2.- Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado	71
4.2.- Análisis en el producto terminado	77
4.2.1.- Porcentaje de índices físicos: prueba de corte	77
4.2.2.- Propiedades físicas de las almendras de cacao fermentadas y secas	80
<b>V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	82
5.1.- Conclusiones	82
5.2.- Recomendaciones	83
<b>VI.- BIBLIOGRAFÍA</b>	84
<b>VII.- ANEXOS</b>	94



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Nº 1	Dispersión de grupos germoplásmicos de cacao	14
Nº 2	Variedades de cacao	17
Nº 3	Granos planos	31
Nº 4	Grano germinado	32
Nº 5	Grano pizarroso	33
Nº 6	Grano mohoso	34
Nº 7	Grano con impurezas	34
Nº 8	Grano almacenado húmedo	35
Nº 9	Grano atacado por insectos	35
Nº 10	Cuchilla para prueba de corte	40
Nº 11	Diagrama de flujo del beneficio de cacao	43
Nº 12	Lectura de temperatura en la masa de cacao fermentándose	46
Nº 13	Medición del pH	47
Nº 14	Medición de sólidos solubles (º Brix)	47
Nº 15	Medición del % acidez	48
Nº 16	Almendras de cacao durante el tiempo de fermentación	48
Nº 17	Tipos de grano en la prueba de corte	50
Nº 18	Granos con demasiado tiempo de fermentación	53
Nº 19	Granos con adecuado tiempo de fermentación	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Nº 1 Temperatura máxima de la masa de cacao en comparación con el almacenamiento de la mazorca (AM)	61
Nº 2 Variación del contenido de humedad de la masa total del fermentado con almacenamiento de la mazorca 0 días durante el tiempo de secado	72
Nº 3 Variación del contenido de humedad de la masa total del fermentado con almacenamiento de la mazorca 3 días durante el tiempo de secado	72
Nº 4 Porcentaje de índices físicos con almacenamiento de mazorca 0 días	78
Nº 5 Porcentaje de índices físicos con almacenamiento de mazorca 3 días	78
Nº 6 Propiedades físicas de las almendras de cacao con almacenamiento de mazorca de 0 y 3 días	80



ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Nº 1 Composición química y valor nutricional	19
Nº 2 Peso del grano	37
Nº 3 DCA con arreglo factorial 7x2x5	56
Nº 4 DCA con arreglo factorial 7x2x7	57
Nº 5 Promedio de los análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación	60
Nº 6 Promedio de los análisis fisicoquímico en el proceso de secado	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Nº 1 Temperaturas obtenidas en la masa de cacao durante el tiempo de fermentación por el almacenamiento de la mazorca (0 días)	94
Nº 2 Temperaturas obtenidas en la masa de cacao durante el tiempo de fermentación por el almacenamiento de la mazorca (3 días)	94
Nº 3 Variación del contenido de humedad en la pulpa + testa durante el tiempo de fermentación	95
Nº 4 Variación del contenido de humedad en el cotiledón durante el tiempo de fermentación	95
Nº 5 Variación de pH durante el tiempo de fermentación	96
Nº 6 Variación de la acidez durante el tiempo de fermentación	96
Nº 7 Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante el tiempo de fermentación	97
Nº 8 Variación de la humedad en la masa total del fermentado durante el tiempo de secado al sol	97
Nº 9 Variación de pH durante el tiempo de secado al sol	98
Nº 10 Variación de la acidez durante el tiempo de secado al sol	98
Nº 11 Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante el tiempo de secado al sol	99
Nº 12 Índices físicos del grano de cacao fermentado y secado al sol	99
Nº 13 Propiedades físicas de las almendras de cacao fermentadas y secas	100
Nº 14 Análisis de varianza de la temperatura en la masa de cacao durante el tiempo de fermentación.	100
Nº 15 Análisis de varianza del contenido de humedad en la pulpa + testa durante el tiempo de fermentación	101
Nº 16 Análisis de varianza del contenido de humedad en el cotiledón durante el tiempo de fermentación	101
Nº 17 Análisis de varianza del ph durante el tiempo de fermentación	102
Nº 18 Análisis de varianza de acidez durante el tiempo de fermentación	102
Nº 19 Análisis de varianza de los sólidos solubles durante el tiempo de fermentación	103
Nº 20 Análisis de varianza del contenido de humedad durante el tiempo de secado	103
Nº 21 Análisis de varianza de ph durante el tiempo de secado	104
Nº 22 Análisis de varianza de la acidez durante el tiempo de secado	104
Nº 23 Análisis de varianza de los sólidos solubles durante el tiempo de secado	105
Nº 24 Análisis de varianza de los índices físicos de las almendras de cacao	105
Nº 25 Análisis de varianza de las propiedades físicas de las almendras de cacao	106
Nº 26 Prueba de Duncan para los análisis fisicoquímicos en el proceso de fermentación	107
Nº 27 Prueba de Duncan para los análisis fisicoquímicos en el proceso de secado	108
Nº 28 Norma INDECOPI NTP- ISO 2451: 2006	109
Nº 29 Clones de cacao materia de estudio del presente trabajo de investigación	110

## DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico con todo mi cariño y amor: A mis padres: **Enith Ramírez García y Antonio Bravo García**, que con su dedicación, ejemplo y amor inculcaron en mí, valores y me ayudaron a formarme y crecer como persona, apoyándome y motivándome siempre, para cumplir con mis objetivos y metas trazadas.

A mis hermanas **Liseth Amparo y Evelyn Karina** que me acompañaron y brindaron su apoyo moral durante mi formación profesional y muy en especial a mis sobrinitas: **Leslie Cristina, Antonella Tais** y sobrinito: **Cristian Reynaldo** que son mi alegría y fuerza para seguir adelante.

A **Jorge Artemio** una persona maravillosa que está conmigo apoyándome en todo momento brindándome su apoyo moral para la realización de mis metas trazadas.



## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Dr. **Aníbal Quinteros García**, por el asesoramiento brindado en la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Ing. **Jorge Infante Bravo** representante de la Empresa **Exportadora Romex S.A.**, por confiar en mi persona para la realización del presente trabajo de investigación.

Al Ing. **Wilmer Gárate Arce** por el apoyo y conocimientos brindados durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Ing. **Francisco Rafael Celis Córdova** y Ing. **Américo Córdova Sangama** por brindarme las facilidades para la utilización de las instalaciones de la Empresa Romero Trading para la realización del presente trabajo de investigación.

A la señora **Dolly Flores Dávila** y al señor **Guido Saavedra Vela**, por el apoyo y las facilidades brindadas en los laboratorios de la UNSM durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros **Sandro Carrera Dávila**, **Allister J. del Águila Arévalo** y **Ruth K. Núñez Tavera** por el apoyo brindado durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Finalmente un agradecimiento especial a todas aquellas personas que me acompañaron a lo largo de esta hermosa vida universitaria, haciendo que el camino a seguir a pesar de todas sus dificultades, sea más fácil y llevadero, amigos míos, gracias por todo, ¡los llevaré presentes siempre!

## RESUMEN

Para evaluar la influencia de la variedad de cacao *Theobroma cacao* L., almacenamiento del fruto previo a la fermentación, tiempo de fermentación y tiempo de secado sobre las características del cacao fermentado y seco; los clones de la variedad trinitario (CCN 51, UF 613, ICS 1, ICS 95 y THS 565), clon de la variedad forastero (IMC 67) y el cacao de la variedad criollo de la Región San Martín, fueron cosechados, desgranados manualmente, fermentados recién cosechados (AM0) y a los 3 días de la recolección (AM3) y expuestos al sol para determinar los cambios fisicoquímicos que ocurren durante la fermentación y secado, los índices físicos y propiedades físicas. La fermentación se realizó durante 5 días, con remoción cada 24 horas y posterior cada 48 horas, el secado se hizo por 6 días.

Los resultados revelaron que los clones de la variedad trinitarios presentaron los contenidos más altos de temperatura, humedad, acidez, pH y sólidos solubles; los cacaos cosechados y almacenados durante tres días (AM3) de humedad en la pulpa + testa, acidez y sólidos solubles durante el tiempo de fermentación y los cacaos recién cosechados (AM0) de humedad y acidez durante el tiempo de secado. Además, al clon UF 613 de la variedad trinitario le correspondió la mayor cantidad de granos fermentados, el AM3 de granos negros y el AM0 mayor peso de grano y porcentaje de cascarilla.

Al fermentar el cacao, aumentó la temperatura, humedad del cotiledón, los sólidos solubles y la acidez; y descendió el pH. En el secado disminuyeron la humedad, pH, acidez y sólidos solubles.

En conclusión, las propiedades del grano seco variaron en función de los factores evaluados, en tanto que las características fisicoquímicas dependieron de la condición del grano.

**Palabras Clave:** *Theobroma cacao* L; fermentación; secado; características fisicoquímicas, índices físicos; propiedades físicas.

## SUMMARY

In order to evaluate the influence of the type of cacao, *Theobroma cacao* L., storage of the previous fruit to the fermentation, time of fermentation and masking time on the characteristics of the fermented and dry cacao; the clones types trinitario (CCN 51, UF 613, ICS 1, ICS 95 and THS 565), clone foreign type (IMC 67) and criollo cacaos of the Region San Martín, were reaped, shelled manually, fermented just harvested (AM0) and to the 3 days of the harvesting (AM3) and set out to the sun to determine the physico-chemical changes that the fermentation and drying, the physical indices happen during and physical properties. The fermentation was realised during 5 days, with removal every 24 hours and later every 48 hours, the drying was made by 6 days

The results revealed that clones Trinitarians types presented higher content of temperature, moisture, acidity, pH and soluble solids, the moisture AM3 pulp + testa, acidity and soluble solids during fermentation time and humidity and acidity AM1 during the drying time. In addition, clone 613 UF Trinidadian type accounted as much fermented beans, black grain AM3 and AM0 higher grain weight and percentage of chaff.

In fermenting cocoa, increased temperature, humidity cotyledon, soluble solids and acidity, the pH decreased. In drying decreased the moisture, pH, acidity and soluble solids.

In conclusion, the properties of dry bean varied depending on the factors evaluated, while physical and chemical properties depending on the condition of the grain.

**Key words:** *Theobroma cacao* L; fermentation; dried; physicochemical characteristics, physical indexes; physical properties.



## I.- INTRODUCCIÓN

La fermentación y el secado son etapas muy importantes en el beneficio del cacao, *Theobroma cacao* L. En la primera etapa se producen reacciones bioquímicas que causan una disminución del amargor y de la astringencia y que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. En la segunda etapa se reduce la humedad, continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor (**Cros y Jeanjean (1995); Jinap et al. (1994)**).

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 (**Rohan (1964)**) y facilita el almacenamiento (**Cros y Jeanjean (1995); Jinap et al. (1994)**), manejo y comercialización del cacao. Sin embargo, la reducción de la humedad debe ser hasta valores del 6 al 7%, máximo 8% (**INDECOPI, 2006**), ya que si se reduce demasiado el grano se vuelve muy quebradizo (**Rohan (1964)**).

El desarrollo de los pigmentos de color marrón, a partir de los compuestos fenólicos, es otra fase relevante del secado, lo cual solamente ocurre en dicha etapa (**Cros y Jeanjean (1995); Jinap et al. (1994)**). Además, los precursores del sabor, tales como aminoácidos libres, péptidos y azúcares no reductores pueden presentar algunos cambios químicos asociados con reacciones térmicas (**Puziah et al. (1999)**), lo cual conjuntamente con los cambios bioquímicos, productos de la fermentación, son determinantes de la calidad del cacao beneficiado, constituyendo un factor relevante en su comercialización y en su utilización en la agroindustria.

El secado natural por exposición al sol es comúnmente usado por los productores de las diversas regiones cacaoteras del país, debido a que es un método simple, económico y que permite el manejo de pequeñas cantidades. Entre las desventajas de este método destacan el tiempo que tarda el proceso, la labor requerida, la necesidad de extensas superficies para secar los granos y además



su dependencia de las condiciones climáticas (**Jinap et al. (1994)**), condiciones que pueden variar de una zona a otra y en una misma zona durante el año (**Ghosh y Cunha (1975)**), lo cual, va a influir sobre las horas de exposición diaria al sol y del tiempo necesario para el secado.

El beneficio del cacao en la región se ha venido realizando según costumbres culturales transmitidas por generación, con variaciones entre los productores y entre las zonas, sin dar importancia a las buenas prácticas en el manejo agronómico ni en el beneficio, lo que ejerce un efecto desfavorable sobre la calidad del producto final, ocasionando pérdidas.

Entre las operaciones que contempla el beneficio del cacao la fermentación y el secado han sido las más relegadas, de allí la relevancia de su estudio, todo esto con el propósito de generar información que sirva de apoyo a los productores de cacao para la obtención de un producto de alta calidad y a los técnicos para considerar posibles mejoras tecnológicas en la fermentación y el secado del cacao.

## 1.1.- Objetivos

### General

Evaluar las características fisicoquímicas de las almendras de cacao, más adecuadas para su industrialización, de materiales clonados de cacao de mayor uso y de mejor comportamiento agronómico en la Región San Martín.

### Específicos

- ✓ Seleccionar muestras representativas de las almendras de cacao de los clones: ICS 1, ICS 95, UF – 613, IMC – 67, TSH – 565 y CCN-51 y cacao criollo
- ✓ Determinar parámetros tecnológicos, durante los procesos de fermentado y secado de las almendras de cacao de los seis clones: ICS -1, ICS - 95, UF – 613, IMC – 67, TSH – 565 y CCN-51 y cacao criollo.
- ✓ Realizar pruebas de corte y análisis físico en las almendras de cacao.

## II.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1.- Origen y distribución de la materia prima

**Según Anecacao (2007):** Menciona que el cacao (*Theobroma cacao L*), es una especie endémica de América del sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas.

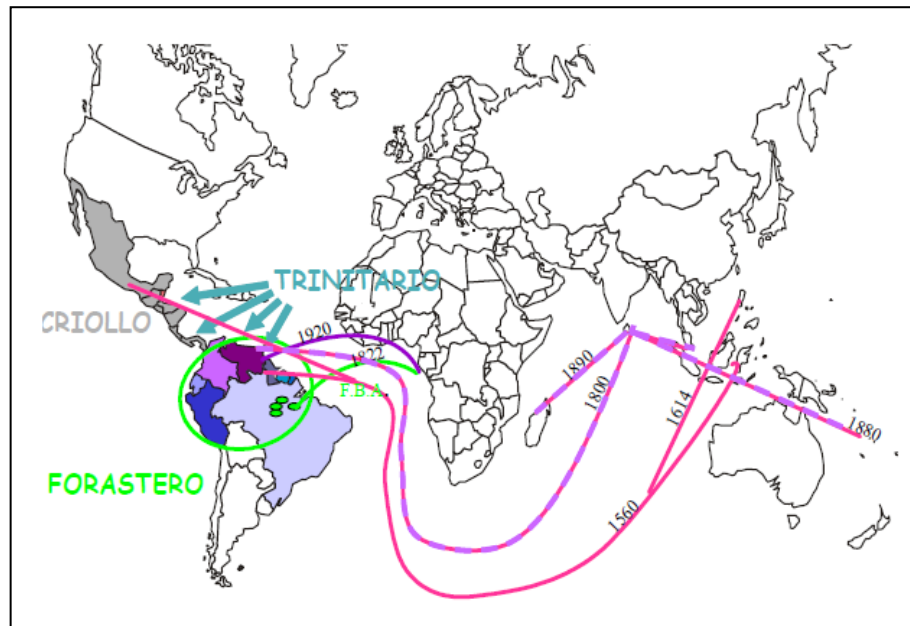
En la cuenca amazónica, se distribuye en Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela, Surinam y Guyana. En la selva peruana se cultiva en los Departamentos de Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Pasco, Madre de Dios, Cuzco y Ayacucho.

**Según ICT (2004):** Afirma que algunos investigadores han señalado que el centro primario de diversidad del cacao, se encuentra en la región nororiental de Perú; sin embargo, la existencia de una gran diversidad de poblaciones silvestres y nativas dispersos en la región central y sur de la Amazonía Alta, apoyaría la hipótesis de que el centro de origen no solo estaría confinado a dicha región, sino que además incluiría la región centro y suroriental del Perú; las cuencas de los ríos Huallaga, Ucayali y Urubamba.

Después que México fuera conquistado por los españoles, los cultivares de cacao Criollo de América central, fueron introducidos, primero en la región del Caribe y Venezuela y después a las Filipinas, Indonesia, India y Madagascar. **(Fig. 1)**

El cultivo de los Forasteros del Bajo Amazonas, particularmente del cacao “amelonado” empezó en Brasil en el siglo XVIII. En 1822, el cacao “amelonado” fue introducido al África, Santo Tomás y después a Ghana, Nigeria y Costa de Marfil.

En Ecuador, el tipo de cacao local denominado Nacional, se empezó cultivar a comienzos del siglo XIX. Los híbridos entre Criollo x Forasteros, denominados Trinitarios, aparecieron en Trinidad alrededor de 1800.



Fuente: Adriazola, (2003)

Figura 1: Dispersión de grupos germoplásmicos de cacao

## 2.2.- Características botánicas

### 2.2.1.- Taxonomía

Según Motamayor (2002), citado en la revista informativa del INIA (2009); afirma que la clasificación taxonómica del cacao es la que sigue:

- Reino : Plantae (plantas)
- Subreino : Tracheobionta (plantas vasculares)
- División : Magnoliophyta (plantas con flores, angsiospermas)
- Clase : Magnoliopsida (dicotiledóneas)
- Subclase : Dilleniidae
- Orden : Malvales
- Familia : Sterculiaceae
- Subfamilia : Byttnerioideae
- Género : Theobroma
- Especie : cacao L.

### 2.2.2.- Descripción botánica

Según Anecacao (2007), la especie Cacao (*Theobroma cacao* L.).- El Cacao es una especie diploide ( $2n = 20$  cromosomas), de porte alto (8 - 20 m de

altura) y de ciclo vegetativo perenne. Crece y se desarrolla usualmente bajo sombra en los bosques tropicales húmedos de América Sur.

**A. Raíces.-** La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 - 2.0 m. de profundidad Las raíces laterales en su mayoría se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol, pudiendo alcanzar los 5 – 6 m de longitud horizontal.

**B. Tallo.-** El tallo, en su primera fase de crecimiento, es ortotrópico (vertical) que perdura por 12-15 meses. Luego, este crecimiento se interrumpe para dar lugar a la formación de 4 - 5 ramitas secundarias (“horqueta”), que son de crecimiento plagiotrópico (horizontal). Debajo de la horqueta aparece con frecuencia brotes ortotrópicos (verticales) o “chupones” que darán lugar a una nueva horqueta y este evento, puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas.

**C. Hojas.-** Las hojas son enteras, de 15 – 50 cm de longitud y de 5 – 20 cm de ancho, con ápice acuminado o romo; simétricas en el brote ortotrópico y/o asimétricas en las ramas plagiotrópicas. La forma del limbo pueden ser: elíptica, ovada o abovada, con peciolo que presentan dos engrosamientos, denominados “pulvínulos”, uno en la inserción con el tallo, y otro en la inserción con el limbo foliar. En las ramas plagiotrópicas, los dos pulvínulos están casi unidos. Los brotes tiernos generalmente presentan pigmentación antociánica, con excepción de árboles mutantes, que son completamente despigmentados.

**D. Flores.-** Las flores, son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario), completas (todos sus verticilios florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Estas aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos (“cojines florales”). Su diámetro oscila entre 1 – 1.5 cm de Los sépalos son de prefloración valvar con o sin pigmentación antociánica. Los pétalos son de prefloración imbricada y presentan dos partes distintas, una basal cóncava y otra apical con el extremo inferior unguiculado, y el superior amplio y con el ápice redondeado. Los 5 estambres están bifurcados en el ápice y cada bifurcación posee una antera biteca. Los 5 estaminodios son



infértiles y actúan como órganos de atracción de insectos y/o protección del gineceo. El ovario es súpero, pentacarpelar y pentalocular. Cada lóculo contiene dos series de óvulos anátropos de placentación axial, pudiéndose encontrar en promedio de 30 – 60 óvulos por ovario.

**E. Frutos.**- Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, que depende de los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa, delgada o intermedia; de surcos superficiales, intermedios o profundos. El epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso.

**F. Semillas.**- Las semillas, o almendras son de tamaño variables (1.2 – 3 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior de la almendra están los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo.

### 2.2.3.- Sistemas de propagación del cacao

Según **INIA (2006)**: Menciona que el cultivo de cacao se puede propagar en forma sexual (por semilla botánica) y en forma asexual (estacas, acodos e injertos).

#### A. Propagación sexual

Es el método en el cual se utiliza semilla botánica para la propagación del cacao. Cuando el cultivo se va a propagar por semilla, es necesario conocer el biotipo y las principales características de las plantas productoras de semillas para que reciban un adecuado tratamiento con la finalidad que estas puedan crecer bien conformadas, uniformes y con alta producción.

Preferentemente, las semillas deben ser adquiridas de campos productores oficiales. En caso de no contar con campos productores de semillas oficiales, se puede suplir esta carencia haciendo una buena selección de las “plantas madres” a partir de las cuales se obtendrá la semilla.

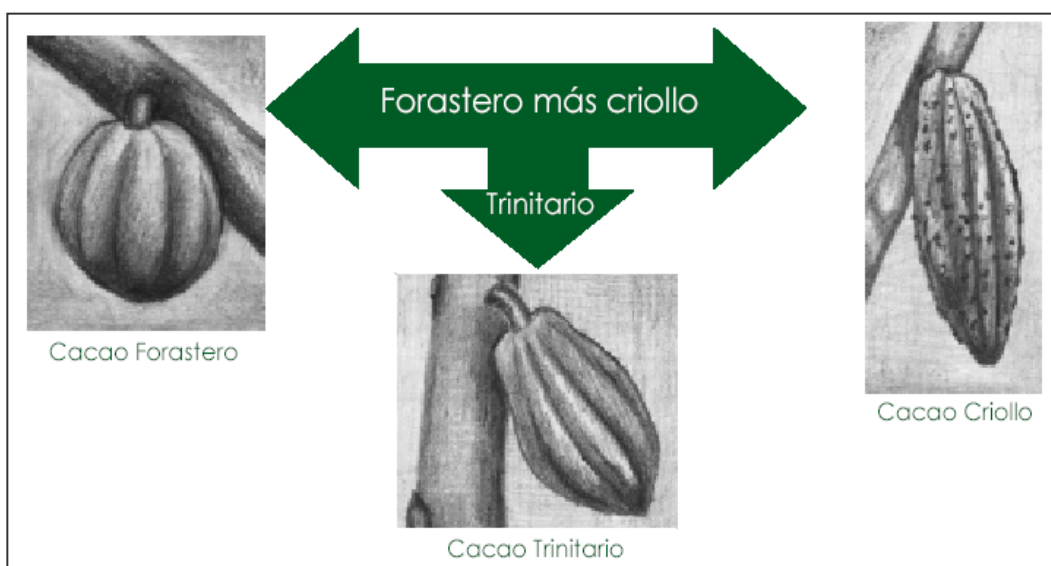
**B. Propagación asexual o vegetativa.**

Este tipo de propagación es por medio de partes vegetativas de la planta seleccionada. No implica un cambio en la constitución genética de la nueva planta ya que todas las características de la planta madre se presentan en la nueva planta. Sin embargo, factores del clima, tipo de suelo, ataque de enfermedades pueden modificar la apariencia de la planta, flores o de los frutos sin que se haya dado un cambio genético.

La propagación asexual se puede realizar por medio de estacas o ramillas.

**2.3.- Principales variedades de cacao**

**Sánchez (1995):** Menciona que en el mundo existen diferentes variedades de cacao, originalmente eran sólo dos variedades; el criollo y el forastero, pero el cruce de estas dos especies dio origen al trinitario, y del cruce repetido entre ellos, se originaron los diferentes clones de cacao que conocemos y utilizamos.



Fuente: Pettipher (1986).

**Figura 2:** Variedades de Cacao

**A.- Cacao criollo o dulce.-** Según **Pettipher (1986)**, es originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela. Se distingue por tener frutos de cáscara suave, con 10 surcos, combinando un surco profundo con otro de menor profundidad. Los lomos son brotados y borroñosos y terminan en una punta delgada. Las semillas son dulces y de color blanco a violeta.

De esta variedad se produce el cacao fino o de mejor calidad. Actualmente no existe cacao criollo puro, sino lo que llamamos variedades acriolladas debido a que han tenido varios cruces con otras variedades.

**B.- Cacao forastero o amargo.-** Según **Pettipher (1986)**, es originario de América del sur y es el más cultivado en las regiones cacaoteras de África y Brasil. Se distingue porque tiene frutos de cáscara dura y más o menos lisa. Sus semillas o almendras son aplanadas de color morado y sabor amargo.

**C.- Cacao variedad trinitaria.-** Según **Pettipher (1986)**, surge del cruce del cacao Criollo y Forastero. Las mazorcas pueden ser de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que las del cacao criollo y forastero; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes. En la actualidad la mayoría de los cacaotales que existen en el mundo son trinitarios.

#### 2.4.- Composición química de la materia prima

**Collazos (1975):** Menciona que la composición física y química de los granos de cacao es muy compleja, cambiando a lo largo del crecimiento del grano, y dependiendo del proceso al cual éste es sometido. A continuación se indican los cambios que se dan en el grano de cacao a través de su ciclo de vida.



**Cuadro 1:** Composición Química y Valor Nutricional (Contenidos en 100 g de semilla de cacao)

Elemento	Valor	Elemento	Valor
Calorías (Cal)	456	Calcio (mg)	106
Aguas (g)	3,6	Fosforo (mg)	537
Proteínas (g)	12,0	Hierro (mg)	3,6
Grasas (g)	46,3	Retinol (mcg)	2
Carbohidratos (g)	34,7	Vit. B1 (Tiamina) (mcg)	0,17
Fibras (g)	8,6	Vit. B2 (Riboflamina) (mcg)	0,14
Cenizas (g)	3,4	Vit. B5 (Niacina) (mcg)	1,7
		Ac. Ascórbico reduc. (mcg)	3,0

Fuente: Collazos (1975)

## 2.5.- Métodos utilizados para la preservación del producto

Para la preservación del cacao se debe tener en cuenta tres aspectos importantes que son: época, método de cosecha y tratamiento postcosecha para lograr granos de calidad acorde a las exigencias del mercado. **Cros (1997).**

### 2.5.1.- Época y métodos de cosecha

La época de cosecha esta estrechamente relacionado con la mayor o menor precipitación. La cosecha en el cacao ocurre durante todo el año. Esta actividad comprende:

- Corte de las mazorcas maduras del árbol y acarreo al partidero.
- Extracción de la almendra, despegándolas de las mazorcas a cuyo interior están adheridas junto con la pulpa y placenta. **Cros (1997).**

### 2.5.2.- Tratamiento de postcosecha del cacao

Se denomina así al conjunto de prácticas interrelacionadas que tienen que ver con la transformación biológica que deben sufrir las semillas o almendras una vez cosechadas y que permiten la expresión de su real potencial de calidad, su valoración y demanda por los procesadores de la industria chocolatera y el mercado exterior. Constituye en buena parte el aspecto de máxima importancia para preservar y presentar al mercado un producto de calidad. **Gramacho (1992).**

Se puede resumir los objetivos del beneficio o tratamiento postcosecha de



cacao en 4 aspectos importantes:

- Descomponer y remover el mucílago azucarado que cubre el grano fresco.
- Acondicionar y facilitar las transformaciones bioquímicas que sufre el grano para desarrollar el sabor y aroma de chocolate.
- Reducir el contenido de humedad de grano para facilitar su almacenaje.
- Preservar las características de la calidad intrínseca de los granos.

**Corpaica (2001).**

#### **A.- Cosecha de las mazorcas**

Consiste en la recolección de los frutos del árbol del cacao en el que debe tenerse en cuenta la madurez de las mazorcas, cuyo estado se reconoce por la coloración de los mismos, lo que ocurre por lo general entre 160 y 185 días después de la fecundación de la flor. Los frutos verdes se tornan amarillos vistosos cuando maduran, y los de color rojo o carmelitas pasan a una tonalidad naranja. Es necesario asegurarse de la madurez adecuada de los frutos antes de la cosecha, para evitar la mezcla de granos con distintos niveles de desarrollo y la pérdida de calidad en la fermentación, provocada por esta situación. Las mazorcas pintonas y verdes pueden no tener suficiente azúcar en la pulpa para una fermentación satisfactoria.

**Gramacho (1992):** Menciona que la cosecha de los frutos depende de la abundancia de mazorcas maduras y el tamaño de la plantación. Si la plantación es grande, se puede cosechar cada 8 a 15 días. Si la plantación es pequeña, quizá se pueda hacerlo cada quincena o mes; en todo caso, no hay que dejar sobremadurar las mazorcas, por cuanto las almendras germinan dentro del fruto y quedan inutilizadas. Igualmente revisar bien los frutos y si los granos están dañados, no mezclarlos con la masa de almendras de los frutos sanos, sino eliminarlos.

La práctica y cuidados en la cosecha varían de una zona a otra, dependiendo de la altura de árboles, herramientas empleadas y el adiestramiento de los

cosechadores. Para las partes altas se emplean pico de loro y podadoras, y para las partes bajas machetes y tijeras de podar. En la mayoría de los casos en la recolección no se toma muy en serio el estado de maduración de los frutos y de sus condiciones fitosanitarias, observándose en los montículos mazorcas pintonas, verdes, sobremaduros, enfermos, entre otros.

### **B.- Quiebra de mazorcas y extracción de almendras**

Es la operación que consiste en partir la mazorca y extraer las almendras, las que una vez separada de la placenta, serán sometidas a la fermentación. Antes de empezar a partir las mazorcas, debe separarse las sanas de las afectadas por enfermedades o plagas para beneficiar solamente granos provenientes de frutos sanos y no dañar la calidad final del producto.

La apertura o quiebra de las mazorcas se puede hacer en el campo o en el lugar de fermentación y secado, para lo cual se puede usar un machete corto o un mazo de madera evitando dañar los granos, lo cual depende de la habilidad del operario.

En algunos países acostumbran guardar los frutos bajo techo durante 5 a 10 días antes de quebrar las mazorcas y extraer las almendras, con el propósito de fomentar el desarrollo de procesos bioquímicos en el interior de los granos, que ayudan a mejorar la calidad que se obtiene en la fermentación posterior. En lo que se refiere al tiempo que debe transcurrir entre el desgrane y la puesta en fermentación es recomendable no exceder las 24 horas, igualmente debe evitarse mezclar almendras extraídas en diferentes días de cosecha. **INIAP (1993).**

### **C.- Fermentación**

Es el proceso bioquímico de capital importancia en relación con la calidad de los granos, que consiste en la colocación de los granos recién desgranados en recipientes adecuados o pilas que deben cubrirse para crear un ambiente semicerrado. Así ocurre la eliminación de la baba o mucílago azucarado y,

dentro de la almendra, la muerte del embrión, la transformación de los cotiledones y la formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma a chocolate que dan la calidad propia al cacao. En las almendras sin fermentar la característica predominante es extremadamente amargo y astringente, completamente ausente de sabor y aroma, siendo útil sólo para el aprovechamiento de manteca.

Existen diferentes métodos de fermentación, siendo los más comunes: cajones de madera, rumas o montones y en sacos ya sea de yute o polipropileno; sin embargo, los mejores resultados en la calidad del producto final se obtienen en cajones de madera.

El número de días de la fermentación no puede generalizarse, depende del material genético, el método de fermentación y la cantidad por fermentar. Por lo general el tipo criollo necesita de 3 a 4 días; el tipo trinitario requiere entre 5 a 6 días y los tipos Forasteros necesitan de 5 a 8 días, es importante también establecer la relación con los otros factores del ambiente que caracteriza cada zona productora. Durante la fermentación la temperatura en la masa de almendras puede subir hasta 50°C aproximadamente. Cuando la temperatura llega a 45° C, los embriones de la semilla mueren, y ese momento marca el inicio de los cambios bioquímicos que luego darán el sabor y el aroma a chocolate. **Paez (1937).**

La fermentación puede caracterizarse como un proceso con dos etapas:

**a.** Una etapa de hidrólisis o alcohólica, en condiciones anaeróbicas, donde intervienen microorganismos como levaduras, que transforman el azúcar de la pulpa en alcohol y anhídrido carbónico, a la vez que comienza a elevarse la temperatura. Conforme se produce el colapso de las células de la pulpa, hay penetración de aire y se favorece la oxidación del alcohol a ácido acético, con la intervención de bacterias acéticas inoculadas por los insectos denominados mosquitos del guarapo.

El ácido acético provocó la muerte del embrión y de las almendras al penetrar en



el tejido cotiledonar y a su vez la permeabilidad de las paredes celulares, permitiendo la interdifusión de los componentes del jugo celular. Así, las enzimas se ponen en contacto con los polifenoles y proteínas y se inician las reacciones hidrolíticas que dan lugar a cambios en los pigmentos cianidinglucósidos, provocando el inicio de la formación de los precursores del sabor a chocolate. Toda esta fase hidrolítica ocurre a temperaturas cercanas a 45 °C y con pH de 4,0 a 5,0.

b. La etapa de oxidación se inicia inmediatamente cuando hay mayor penetración de oxígeno y consiste esencialmente en la oxidación y condensación de los compuestos polifenólicos en productos complejos, aminoácidos volátiles solubles e insolubles que tienen poco o ningún sabor. Paralelamente con la condensación oxidativa, disminuye el contenido de humedad, hasta el punto en que la falta de agua detiene la actividad enzimática. Cuando el oxígeno tiene acceso a las células de los cotiledones durante la fase de condensación oxidativa, el color de la superficie de las almendras se vuelve pardo y esto se realiza en toda la almendra, conforme se inicia el secado y se facilita la penetración del oxígeno al interior del cotiledón.

**Madriz (1987):** La Fermentación termina cuando los granos se ven hinchados, el embrión ha muerto, el exceso de humedad se ha reducido considerablemente y la temperatura desciende a la del medio ambiente. Un indicador de fermentación satisfactoria es la presencia de un anillo periférico de color pardo, indicativo de que debe iniciarse el tendido del cacao para su secado. Además, cuando se realiza un corte transversal del grano se observa un agrietamiento característico del grano fermentado y posee un sabor a chocolate.

#### D.- Secado

El secado tiene como finalidad eliminar el exceso de humedad de los granos de cacao, al término del proceso de fermentación las almendras tienen alrededor de 50 a 56% de humedad, el que deberá reducirse a un rango de 7% - 8 %, límite considerado como crítico para el almacenamiento y



así evitar el desarrollo de hongos (mohos). Cuando la humedad baja más de un 6 % las almendras se vuelven quebradizas, pero si no se seca al punto indicado son más susceptibles al ataque de hongos, que puede producir micotoxinas patógenas (ocratoxina) que representa un riesgo para la salud humana.

Durante este proceso continúa el proceso de fermentación, las almendras de cacao terminan los cambios para obtener el sabor y aroma a chocolate, por lo que es recomendable un secado lento durante los dos primeros días. También en ese momento cambian los colores, apareciendo el color marrón (café), típico del cacao fermentado y secado correctamente. Si la temperatura y la velocidad del aire son muy fuertes solo se seca la parte exterior del grano formándose una corteza dura sobre éste, impidiendo de esta manera la salida del ácido acético, lo que provoca que le cacao tenga mayor acidez.. **Whitney (2001)**.

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 muy rápido se dificulta la volatilidad del ácido acético elevando la acidez y presentando mayor cantidad de granos violetas. Cuando el tiempo de secado es mayor a lo normal, debido al mal tiempo o a un espesor mayor de 5 cm. el cacao tiene un olor a podrido y presenta mayor cantidad de moho. **Jinap (1990)**.

### E.- Clasificación

Consiste en eliminar todas las impurezas, placentas, granos mohosos, partidos, germinados y vanos (sin almendra), esto mediante proceso manual o haciendo pasar las almendras a través de zarandas, dejando solamente los granos bien fermentados y secos, a fin de obtener uno de mayor valor comercial. **INIA (2009)**.

Las características más importantes que debe reunir el cacao de calidad comercial son:

- Los granos deben estar fermentados y completamente secos a la humedad

requerida, libre de olores y sabores anormales o extraños y de evidentes signos de adulteración.

- Granos libres de insectos.
- Granos uniformes, libres de pedazos de placenta y otros cuerpos extraños.

#### F.- Almacenamiento

Es la etapa final del beneficio. Los granos de cacao son altamente higroscópicos y si están mal almacenados absorben humedad y olores extraños.

Para lograr un buen almacenamiento, los granos de cacao secos se deben guardar en sacos de yute y almacenarlos en ambientes techados, secos, blancos o de color claro, bien ventilados; evitando almacenarse en lugares próximos a fuentes de olores fuertes tales como establos, cocinas y otros, debido a que el grano de cacao los adquiere fácilmente. Evitar la contaminación por humo.

El cacao almacenado en zonas tropicales está propenso a ser atacado por hongos o insectos si no se toman los cuidados necesarios. Además el almacenamiento prolongado bajo condiciones húmedas puede originar un incremento en los niveles de ácidos grasos libres, lo cual es una causa de deterioro de la calidad. Es importante tener en cuenta que el cacao por ser un producto altamente higroscópico almacenado en ambientes húmedos absorbe agua hasta quedar en equilibrio con la humedad del aire. **Cros (1997).**

#### 2.5.3.-Calidad de los granos de cacao

Calidad es la clasificación que dan los países compradores y los fabricantes a las almendras de cacao por su apariencia, humedad, contenido de materiales extraños, mohos, insectos, etc. La calidad del cacao depende del fin al que se lo destine y las exigencias del mercado al que van dirigidos sus productos terminados. Estas exigencias han venido incrementándose a través del tiempo, a medida que el consumidor cuenta con mayor información disponible y una amplia

oferta de productos de diferentes procedencias y calidades. **Hardy (1961)**.

La calidad de las almendras de cacao depende de tres factores: el tipo de material genético, el medio ambiente en donde se desarrolla la mazorca y la manipulación de la almendra durante el proceso postcosecha (especialmente en las etapas de fermentación y secado). Los dos primeros factores están fuera del control del productor en los cultivos ya establecidos, pero pueden ser definidos en el momento de seleccionar el material de propagación, mientras que el tercer factor es enteramente responsabilidad del agricultor. **ICCO (2003)**.

La variabilidad genética tiene gran influencia en las características de las almendras, el sabor, color, tamaño, contenido de manteca y sobretodo en el aroma que pueden desprender después del tostado. El medio ambiente influye sobre ciertas características de las almendras definidas durante el desarrollo de la mazorca (tamaño de las mazorcas y de las almendras). La postcosecha, por su parte, es considerada una etapa crítica para todos los tipos de cacao y es donde ocurre con frecuencia el deterioro de la calidad del grano. **Luna (2002)**.

➤ **Parámetros actuales de calidad**

Según Romero Trading (2009), los parámetros de control son los siguientes

<b>Parámetros</b>	<b>%</b>
Fermento	Mínimo 80
Granos violetas	Máximo 15
Granos pizarrosos	Máximo 5
Hongos	Cero
Impurezas	Máximo 5
Calibre	100 granos en 100 gramos
Humedad	7,5 – 8,0
Características	Color, olor y sabor a chocolate



## 2.6.- Características generales de los 6 clones utilizados en el presente trabajo de investigación

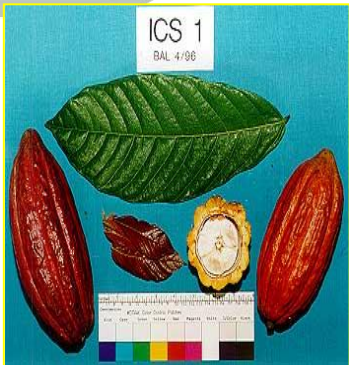
En muchos países se han distribuido numerosos clones seleccionados por su productividad, resistencia y/o tolerancia a las enfermedades o bien por su calidad organoléptica. En nuestro país se ha observado en pequeñas áreas y en contadas oportunidades, la presencia de clones ICS (ICS -1, ICS – 6 e ICS – 95), UF (UF – 613), Forasteros – AA (IMC - 67), y el clon TSH – 565, como complementos (en muy baja proporción), en las plantaciones clonales que usan el clon CCN-51 y algunas selecciones del agricultor.

A continuación se presenta una breve información morfo-agronómica e industrial que puede ser de ayuda para identificar o verificar la identidad genética de los clones internacionales que serán estudiados en el presente trabajo de investigación que son ampliamente distribuidos y poco conocidos en el Perú.

### Corpaica (2001)

#### A.- Clon ICS 1 (Imperial Collage Selection)

##### Características morfo - agronómicas e industrial

Origen	Trinidad	
Arquitectura	Erecta	
Vigor	Vigorosa	
Compatibilidad	Autocompatible	
Forma de mazorca	Amelonada	
Color de mazorca	Rojo	
Color de semilla	Púrpura	
Forma de semilla	Cilíndrica	
Nº almendras /mazorca	40	
Nº mazorcas/kilo de cacao seco	19	
Peso de almendra	1,3 gramos	
Nº mazorcas árboles/año	46	
Rendimiento kg/árbol/año	2.5	
Altitud recomendada	Por encima de 800 m.s.n.m	
Reacción a enfermedades	✓ Monilia: moderadamente susceptible	
	✓ Escoba de bruja: moderadamente susceptible	
	✓ Phytophthora: susceptible	
	✓ Ceratosystis: moderadamente susceptible	
	✓ Ceratosystis: moderadamente susceptible	



**B. - Clon ICS 95 (Imperial Collage Selection)**

**Características morfo - agronómicas e industrial**

Origen	Trinidad
Arquitectura:	Erecta
Vigor	Vigorosa
Compatibilidad:	Autocompatible
Forma de mazorca:	Amelonada
Color de mazorca:	Rojo
Color de semilla:	Violeta
Forma de semilla:	Cilíndrica
Nº almendras /mazorca:	41
Nº mazorcas/kilo de cacao seco:	18
Peso de almendra:	1,4 gramos
Nº mazorcas árboles/año:	60
Rendimiento kg/árbol/año:	3.2
Altitud recomendada:	De 100 a 1200 m.s.n.m
	✓ Monilia: Tolerante
	✓ Escoba de bruja: Tolerante
Reacción a enfermedades	✓ Phytophthora: Susceptible
	✓ Ceratosystis: Susceptible
	✓ Rosellinia: Susceptible



**C. - Clon UF 613 (United Fruit)**

**Características morfo - agronómicas e industrial**

Origen	Trinidad
Arquitectura	Erecta
Vigor	Vigorosa
Compatibilidad	Autocompatible
Forma de mazorca	Amelonada
Color de mazorca	Rojo
Color de semilla	Púrpura
Forma de semilla	Plana
Nº almendras /mazorca	40
Nº mazorcas/kilo de cacao seco	18
Peso de almendra	1,5 gramos
Nº mazorcas árboles/año	40
Rendimiento kg/árbol/año	3.2
Altitud recomendada	Por encima de 800 m.s.n.m
	✓ Monilia: tolerante
	✓ Ceratosystis: tolerante
Reacción a enfermedades	✓ Escoba de bruja: tolerante
	✓ Phytophthora: resistente
	✓ Rosellinia: suceptible



**D.- Clon IMC 67 (Iquitos Marañón Colection)**

**Características morfo - agronómicas e industrial**

Origen	Perú
Arquitectura:	Erecta
Vigor	Vigorosa
Compatibilidad:	Autocompatible
Forma de mazorca:	Amelonada
Color de mazorca:	Verde
Color de semilla:	Púrpura
Forma de semilla:	Ovoide
Nº almendras /mazorca:	42
Nº mazorcas/kilo de cacao seco	21
Peso de almendra:	1,2 gramos
Nº mazorcas árboles/año:	57
Rendimiento kg/árbol/año:	2.6
Altitud recomendada:	De 100 a 1200 m.s.n.m
Reacción a enfermedades:	✓ Monilia: tolerante
	✓ Escoba de bruja: susceptible
	✓ Phytophthora: tolerante
	✓ Ceratosystis: tolerante
	✓ Rosellinia: susceptible



International Cocoa Genebank, Trinidad  
27/03/2000 IMC 67 Tree 8 Field 6

**E.- Clon TSH 565 (Trinidad Selection Hybrida)**

**Características morfo - agronómicas e industrial**

Origen	Trinidad
Arquitectura	Erecta
Vigor	Vigorosa
Compatibilidad	Autocompatible
Forma de mazorca	Angoleta
Color de mazorca	Rojo
Color de semilla	Púrpura
Forma de semilla	Cilíndrica
Nº almendras /mazorca	39
Nº mazorcas/kilo de cacao seco	24
Peso de almendra	1,1 gramos
Nº mazorcas árboles/año	55
Rendimiento kg/árbol/año	2.5
Altitud recomendada:	Por encima de 800 m.s.n.m
Reacción a enfermedades	Monilia: susceptible
	Phytophthora: susceptible
	Escoba de bruja: tolerante
	Rosellinia: susceptible
	Ceratosystis: tolerante



**F.- Clon CCN 51 (Colección Castro Naranja)**

**Características Morfo - Agronómicas e Industrial**

Origen	Ecuatoriano	
Arquitectura:	Erecta	
Vigor	Vigorosa	
Compatibilidad:	Autocompatible	
Forma de mazorca:	Elíptica	
Color de mazorca:	Rojo	
Color de semilla:	Púrpura	
Forma de semilla:	Cilíndrica	
Nº almendras /mazorca:	48	
Nº mazorcas/kilo de cacao seco:	24	
Peso de almendra:	1,4 gramos	
	✓ Monilia: tolerante	
	✓ Escoba de bruja: tolerante	
Reacción a enfermedades:	✓ Phytophthora: susceptible	
	✓ Ceratosystis: tolerante	
	✓ Rosellinia: susceptible	

**2.7.- Características generales del cacao criollo**

- ✓ Mazorcas cilíndricas con 10 surcos profundos simples o en cinco pares.
- ✓ Cáscara verrugosa delgada o gruesa con una ligera capa lignificada en el centro del pericarpio.
- ✓ Con o sin depresión en el cuello.
- ✓ Puntas agudas en cinco ángulos, rectas o curvadas.
- ✓ Color de la mazorca varía del verde al rojo.
- ✓ Semillas blancas o ligeramente pigmentadas, cilíndricas u ovals.
- ✓ Árboles más bajos, menos robustos que otras variedades, copa redonda.
- ✓ Hojas pequeñas, ovaladas, color verde claro y gruesas
- ✓ Susceptibles a la mayoría de enfermedades.
- ✓ Flores con pedicelos cortos, estaminoides y líneas guías de los pétalos color rosado claro.



Fuente: Corpaica (2001).



## 2.8.- Identificación de los defectos que influyen en la calidad del cacao en grano

A partir del estudio y el análisis de las muestras de los granos de cacao de cada región, se ha podido encontrar que los principales defectos que presentan las organizaciones de productores son casi generalizados, se desarrollan en forma similar y son atribuidos a las mismas deficiencias en las diferentes fases del proceso. **Anecacao (2001)**.

### a) Defectos originados en el cultivo:

- **Granos planos, achatados, pasilla ó vano.** Es el grano de cacao cuyos cotiledones se han atrofiado hasta tal punto que cortando la semilla no es posible obtener una superficie de cotiledón, es decir, tiene menos de 5 mm de espesor medido entre las dos caras. Su origen es la mala fecundación.



Figura 3: Granos planos

- **Grano negro.-** Es el grano que se produce por mal manejo postcosecha o proviene de los frutos atacados por enfermedades.

### b) Defectos originados en la cosecha:

- **Grano germinado.-** Es aquel grano de cacao cuya cáscara ha sido perforada, rajada o rota por el crecimiento del germen de la semilla. Generalmente son de frutos sobre maduros. Por los orificios producidos son vulnerables al ataque de mohos e insectos.





Figura 4: Grano germinado

- **Grano negro.**- Proviene de la cosecha general que realiza el productor y va recogiendo y amontonando para la quiebra.
  - **Grano violáceo.**- Proviene de semillas de los frutos verdes ó inmaduros.
- c) **Defectos originados en la quiebra:**
- **Grano cortado.**- Es aquel grano que ha sufrido deterioro en su estructura por la acción del corte de la mazorca el cual pasa hasta la semilla.
  - **Grano negro.**- Proviene de semillas de frutos enfermos los cuales no son separados en el momento de la extracción de la semilla mezclándose con la buena. En su mayoría éstos están afectados por mohos.
  - **Adquieren impurezas.**- Se adhieren restos de cáscara (para aumentar el peso, pican la cáscara), colocan la placenta, corazón, tripa ó agalla, la cual tiene alto contenido de azúcares se seca con dificultad, en el almacenamiento tiende a hidratarse y a enmohecerse contaminando el resto del grano.
- d) **Defectos originados en la fermentación:**
- **Grano violáceo.- (Insuficiente fermentado)** Grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, por lo menos en la mitad de su superficie, cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.
  - **Grano pizarroso.**- Es un grano sin fermentar, que muestra en su interior un color pizarroso de color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto en la mitad ó más de su superficie cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.



Figura 5: Grano pizarroso

- **Grano sobre fermentado.**- Cuyos granos han excedido el tiempo de fermentación y ha empezado la fase proteolítica, produciéndose cambios en el olor. Se reconoce generalmente por el olor fuerte a una fermentación prolongada.
  - **Grano múltiple o gemelos.**- Son dos o más granos unidos íntimamente por una de sus caras con restos de mucílago.
  - **Grano con restos de mucílago.**- Es el grano que no ha sido fermentado “grano meloso” tiene alto contenido de mucílago en la cáscara, la cual tiende a quemarse ó tornarse de color negro en el secado “azúcar quemada” y generalmente es pizarroso.
- e) **Defectos originados en el secado:** Algunas situaciones pueden conducir a que el secado no ocurra en forma eficiente, trayendo por consiguiente la contaminación por impurezas, malos olores, granos quebrados y mohosos:
- **Grano mohoso.**- Es el grano de cacao en cuyas partes internas ó externas tienen crecimiento de mohos a simple vista, sufre deterioro parcial o total en su estructura interna debido a la acción de hongos, determinado mediante prueba de corte. Se produce cuando el producto no ha sido secado a niveles de 7 – 8 % de humedad, inicialmente se torna un color blanco en la parte externa.



Figura 6: Grano mohoso

- **Grano quebrado ó partido.-** Es el grano roto o fragmentado. Se producen por la forma de secado empleada, especialmente cuando la remoción la realizan con los pies, los granos se exponen al pisoteo, y se hacen más vulnerables al ataque de insectos, plagas y hongos en el cacao almacenado.
- **Adquieren impurezas u otras contaminaciones.-** Por la forma de secado en carreteras, aceras o patios de tierra, la contaminación con restos de incrementos de animales, la adhesión de tierra, los patios improvisados provocan la absorción de malos olores que sustituyen el aroma característico del grano de cacao y desmejoran grandemente su calidad y consecuentemente su valor.



Figura 7: Grano con impurezas

- f) **Defectos originados en el almacenamiento:** El cacao que ha sido fermentado y seco, es suficientemente higroscópico que si esta mal almacenado puede alcanzar un contenido de humedad superior a 8%. lo que favorece el desarrollo interno de hongos y la infestación por insectos.
- **Grano mohoso.-** Se produce cuando el grano es almacenado húmedo, cuando recupera humedad y cuando no es almacenado adecuadamente ya sea en el envase apropiado y/ acondicionamiento.



Generalmente es moho interno y se muestra de color blanco, gris ó verdoso, predominando los hongos del género *Aspergillus* y *Penicilium*.



Figura 8: Grano almacenado húmedo

- **Granos con olor a humo.-** Proviene de pequeños lotes de cacao, conservados en las cocinas ahumadas de las comunidades o caseríos, junto a los diferentes productos (carne o pescados) a los que se aplica este método de conservación.
- **Grano infestado atacado por insectos.-** Es aquel grano de cacao en cuyas partes internas se encuentran insectos en cualquier fase de desarrollo o que presentan características de daño causado por los mismos y que se detecta a simple vista la presencia de la larva ó cuando el grano ha sido consumido.



Figura 9: Grano atacado por insectos

### 2.8.1.- Pruebas para la determinación de la calidad:

Son los diferentes tipos de análisis que hacen a nivel de los centros de acopio y laboratorio para determinar la calidad física del cacao. A través de estas pruebas se determina la clasificación del grano y se define el precio y el tipo de derivado a procesar, con ello también se define su



proceso “secado, selección” para destinarlo al almacenamiento y/o la preparación de lotes para la exportación.

La calidad del cacao es un concepto abstracto, al comerciante le interesa la parte exterior que no necesariamente coincide con un buen sabor a chocolate; para la industria es indispensable buenas características de peso seco, contenido de testa, porcentaje de grasa, sabor, pureza y contenido de humedad. La determinación de la calidad se realiza comercialmente a través de métodos subjetivos basados en la prueba de corte y prueba de degustación. Generalmente la muestra a analizar consta de 300 gramos (calibre) y para la evaluación de los defectos (300 granos). **Hardy (1961).**

- Entre los análisis que se realizan en el cacao para determinar la calidad se mencionan:
  - **Métodos prácticos: referente a lo sensorial y la prueba de corte, realizado por Hardy 1961.**

Son las pruebas que se realizan en primera instancia a nivel de la chacra del productor ó en el momento del acopio a nivel de las organizaciones, auxiliándose de los diferentes sentidos.

Cuando el cacao llega al centro de acopio lo primero es observar la apariencia general, lo que observamos a simple vista, Color externo del grano y Olor del grano. Utilizando el tacto se presiona los granos y al corte ver y sentir la textura del indicador, siendo un indicador del porcentaje de humedad, luego se utiliza el sentido del gusto, para ello se mastica el grano para sentir el sabor del grano como indicador de la fermentación complementándose con el corte de la semilla para evaluar el color interno de los cotiledones y darnos una idea del grado de fermentación.

#### **A.- Contenido de humedad:**

**Hardy (1961):** El contenido de humedad se define como el peso de la cantidad de agua evaporada de los granos. En los centros de compra y

laboratorios, para medir la humedad, se utilizan equipos especiales muy prácticos como el higrómetro (kpm) que indican el porcentaje de humedad en el interior del grano.

De acuerdo a lo establecido por la FAO, se entiende por “agua” de las almendras de cacao, la pérdida de peso de las almendras que han sido trituradas y colocadas al calor en una estufa, a la temperatura de 103 grados centígrados durante 16 horas, este contenido se expresa en porcentaje.

**B.- Peso del grano:**

**Hardy (1961):** A nivel de laboratorio para determinar el peso del grano se utilizan balanzas de precisión. Consiste en tomar la muestra al azar y se hace el conteo de 100 granos. La muestra de 100 granos es pesada y se expresa en gramos y se determina el peso por grano. Lo ideal es que cada grano sobrepase 1 gramo. En algunos casos se utiliza 300 gramos y se hace el conteo total. Es importante para determinar el tiempo de tostado y para cálculos de rendimiento en la elaboración del licor, así como en el porcentaje de cáscara ó concha. Se toma algunos criterios en la clasificación del tamaño del grano según el calibre.

**Cuadro 2:** Peso del Grano

<b>Peso de 100 granos (gramos)</b>	<b>Clasificación (tamaño)</b>
< = 100	Grano pequeño
100 – 120	Grano mediano
>120	Grano grande

Fuente: FAO (2005)

**C.- Prueba de corte: se usa para detectar algunos defectos:**

**Hardy (1961):** Es la prueba más importante para determinar la calidad de cacao a través del corte longitudinal de los granos y se efectúa un análisis visual de las dos caras del cotiledón, es determinante para establecer la clasificación del grano y lograr la identificación de los defectos más graves como moho, insecto y pizarroso. Se realiza en el acopio y en la evaluación de la

remisión del lote de exportación.

Para la prueba de corte se toma una muestra representativa del lote a analizar, se realiza con 300 granos como máximo y se va analizando cada 100 granos cortando con una navaja cortante ó con el uso de la guillotina para 50 granos. En caso de no tener guillotina, se utilizan unas tablas especiales, que constan de espacios cóncavos donde fácilmente cabe una almendra por cada concavidad, luego se corta cada almendra longitudinalmente y se coloca una mitad en cada espacio y se examina cada una de ellas cuidadosamente a la luz del día ó con una luz artificialmente, separándolas según defectos como pizarrosas, con mohos, ataque de insectos, germinadas y según grado de fermentación (bien fermentadas, medianamente fermentadas y sin fermentación), los resultados se dan en porcentaje.

### III.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución:

Las muestras analizadas para el presente trabajo de investigación fueron de las instalaciones de la Empresa Romero Trading; de la región de San Martín (Perú). Los análisis se realizaron en el laboratorio de Tecnología de Productos Agroindustriales No Alimentos (TEPANAL) y en el laboratorio de Análisis y Composición de los Alimentos (ANACOMPA), pertenecientes a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto y en las instalaciones de la Empresa Romero Trading; entre los meses de Mayo del 2009 a Diciembre del 2009.

#### 3.2.- Materiales y equipos

##### 3.2.1.- Materia prima:

La materia prima a utilizar fue el Cacao (*Theobroma cacao L*), cosechadas en la provincia de San Martín, distrito de Tarapoto; de las plantaciones de la Empresa Romero Trading que cuenta con 5 Ha, para lo cual se utilizó las almendras de 6 clones (ICS -1, ICS – 95, UF – 613, IMC – 67, TSH – 565, CCN-51) y la variedad Criollo, respectivamente.

##### 3.2.2.- Equipos

- Balanza analítica marca DENVER – USA modelo 2 APX 200 serie N° A24075040
- Equipo de titulación
- Estufa universal automática marca MERMMERT, temperatura máxima 200°C. Germany
- Termómetro de 0° a 100 °C
- Cuchilla para pueba de Corte
- Refractómetro digital de mano marca ATAGO tipo Pocket de 0 a 53 °Brix.
- pHmetro digital marca HANNA





**Figura 10:** Guillotina para prueba de corte

### 3.2.3.- Materiales

#### a) De laboratorio:

- Campanas desecadoras de vidrio al vacío.
- Matraces erlenmeyer 50, 100 y 150 ml.
- Probetas graduadas 100 ml.
- Buretas graduadas 25 y 100 ml.
- Pipetas graduadas
- Vasos de precipitación de 50, 100 y 200 ml.
- Papel wodman N° 40
- Guillotina

#### b) De campo:

- Cajones fermentadores
- Machetes
- Baldes
- Sacos de yute y polipropileno
- Tijeras podadoras
- Desgarretadera

### 3.2.4.- Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) a 0,1 N
- Fenoltaleína al 1%
- Búfer
- Agua destilada

### 3.3.- Métodos analíticos y experimentales

#### 3.3.1.- Metodología experimental

El trabajo de investigación se realizó en frutos (mazorcas) de cacao de la variedad criollo, cinco clones de la variedad trinitario y un clon de la variedad forastero de las instalaciones de la Empresa Romero Trading ubicada en la Carretera Juanjuí km 2.5, distrito de La Banda de Shilcayo, Región San Martín.

Esta zona presenta una precipitación anual de 1157 mm, siendo los meses de mayores lluvias en febrero, marzo y abril, con una marcada diferencia entre el período seco y lluvioso, una temperatura media anual de 26°C y una humedad relativa promedio de 78.5%. **Municipalidad Distrital Banda de Shilcayo (2009).**

En la identificación de los árboles se aplicaron algunos de los descriptores taxonómicos señalados por **Bekele (1994)** y en la determinación del grado de madurez de los frutos se tomaron en consideración los criterios utilizados por **González (1999)**.

Para el establecimiento del ensayo se usó un diseño completamente aleatorizado con 3 observaciones, con un arreglo factorial mixto 7 x 2 x 5, donde los factores evaluados fueron: clones de cacao (THS 565, CCN 51, UF 613, ICS 95, ICS 1, IMC 67) y el cacao criollo, aguante de la mazorca (0, y 3 días) y tiempo de fermentación (1, 2, 3, 4, 5 días) para el proceso de fermentación y un arreglo factorial mixto de 7 x 2 x 7, donde los factores evaluados fueron: clones de cacao (THS 565, CCN 51, UF 613, ICS 95, ICS 1, IMC 67) y el cacao criollo, aguante de la mazorca (0, y 3 días), tiempo de secado (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 días) para el proceso de secado.

Para el proceso se cosecharon al azar 100 mazorcas sanas y maduras de cada clon y variedad de cacao, de las cuales 50 mazorcas fueron beneficiadas y colocadas en los respectivos cajones fermentadores; y las otras 50 mazorcas fueron dejadas 3 días en almacenamiento y posteriormente beneficiadas y colocadas en los respectivos cajones fermentadores. La fermentación fue

realizada en las instalaciones de la Empresa Romero Trading por 5 días para los 6 clones de cacao y cacao criollo, se hizo en cajones fermentadores de 2 metros de largo por 60 cm de ancho y alto de madera Estoraque, *Myroxylon Balsamum* (L) Harms., siguiendo la técnica señalada por **Graziani de Fariñas (2003)**. En el proceso de fermentación se aplicaron remoción de la masa fermentante primero a 48 horas y posteriormente cada 24 horas.

La temperatura se midió en el centro de la masa de cacao, a 5 cm de la superficie, a la misma hora todos los días de la fermentación, utilizando un termómetro calibrado de 0 a 100 °C con una precisión de  $\pm 0,1$  °C. A los 0, 2, 3, 4 y 5 días de transcurrido el proceso fermentativo y el proceso de secado fueron realizados los análisis fisicoquímicos. Y al final del trabajo de investigación se realizó el análisis sensorial mediante la prueba de corte para determinar las características físicas de los seis clones materias de estudio y del cacao criollo.

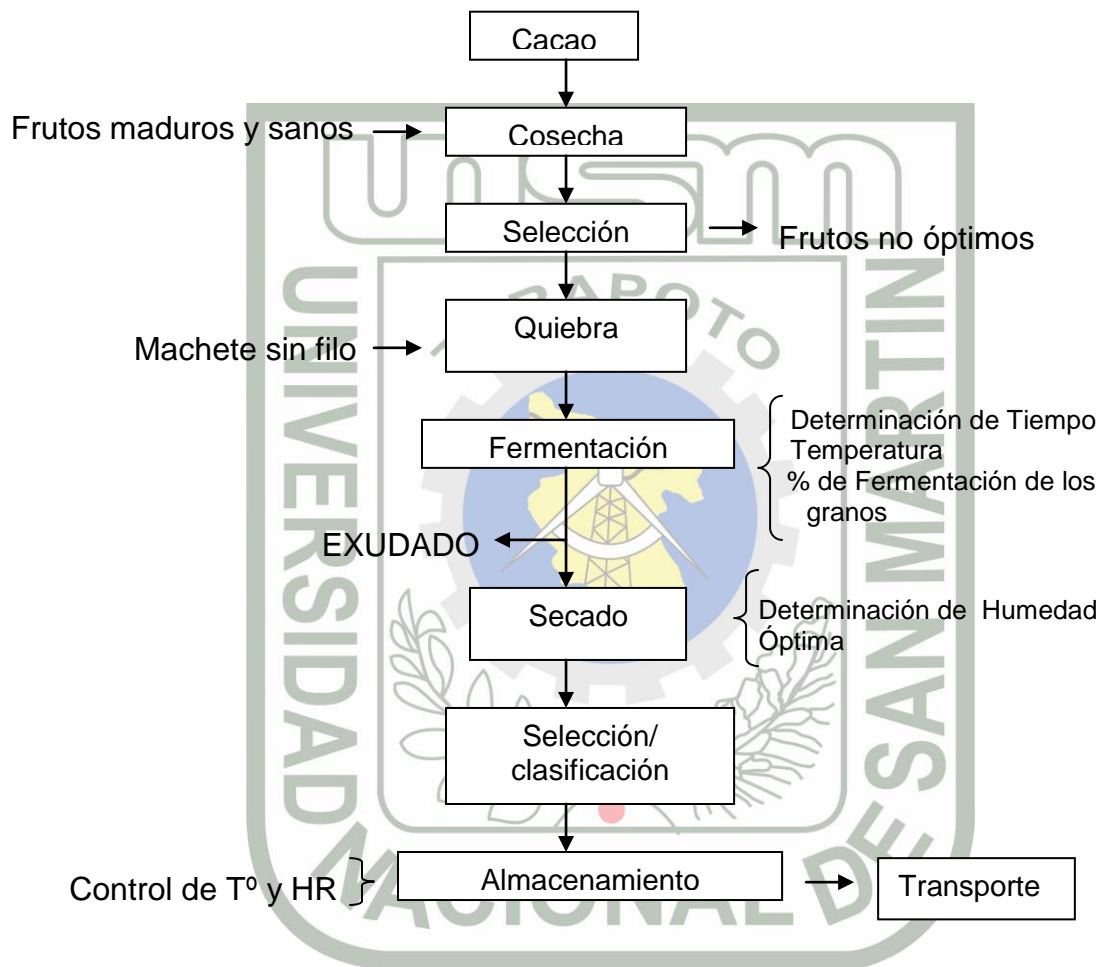
A los resultados obtenidos se les verificó el cumplimiento de los supuestos del análisis estadístico y luego se les aplicó un análisis de varianza, y una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan.

## I.- Descripción de flujo del beneficio del cacao

El beneficio del cacao es un proceso que obedece a los principios básicos de conservación de alimentos y se hace con la finalidad de mejorar la calidad del grano.

Las operaciones de procesamiento de beneficio del cacao se observan en el siguiente diagrama de flujo (**Figura 11**)





**Figura 11:** Diagrama de flujo del beneficio de cacao

**a.- Obtención de la materia prima**

El cacao (*Theobroma cacao L*) se adquirió de los cultivos de la Empresa Romero Trading que cuenta con 5 hectáreas de cacao de diferentes variedades, ubicada en la Carretera Juanjuí km 2.5, distrito de La Banda de Shilcayo, departamento de San Martín - Tarapoto.

**b.- Cosecha**

Se realizó cuando el fruto o mazorca se encontraba maduro, teniendo en cuenta lo siguiente:

- ✓ La madurez de la mazorca se apreciaron por su cambio de pigmentación: de verde pasó al amarillo o rojo y otros similares al amarillo anaranjado fuerte o pálido.
- ✓ En frutos de coloración roja – violácea muy acentuada el cambio de color pudo no ser muy aparente y se corrió el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que habían alcanzado madurez plena, y para despejar las dudas existentes respecto del estado del fruto maduro basto golpearlo con los dedos de la mano y si se producía un sonido hueco es señal de que el fruto está maduro y se encuentra en condiciones óptimas para realizar el beneficio.

#### **c.- Selección**

Se separaron las mazorcas como verdes, pintones, sobre maduros o aquellas que presentaban enfermedades o picados.

#### **d.- Quiebra**

Consistió en partir las mazorcas para extraer las almendras de la placenta, y se realizó utilizando un machete sin filo mediante un corte diagonal y teniendo cuidado de no causar heridas a las almendras.

#### **e.- Fermentación**

Se procedió a colocar las almendras en los cajones fermentadores y se cubrió con hojas de plátano, luego se abrigó la masa de almendras con sacos de yute, cumplido 48 horas se procedió a destapar la masa y efectuar la primera remoción se repitió esta operación al tercer, cuarto y quinto día, posteriormente se procedió a determinar el grado de fermentación mediante el exudado de un liquido de color marrón chocolate oscuro lo que nos indicó que las almendras estaban bien fermentadas.

#### **f.- Secado**

El secado fue realizado mediante el secado natural, evaluando en forma continua la pérdida de agua, se empezó con un secado gradual durante los dos primeros días es decir no exponiendo los granos al sol por mas de 4 horas al día.

### g.- Selección / Clasificación

Se realizó manualmente utilizando un bastidor provisto de una malla, se retiró los granos defectuosos: vanos, piedras, tallos secos, granos picados, granos partidos, las impurezas, granos no fermentados, placentas secas. Los granos seleccionados fueron colocados en costales de yute para su posterior almacenamiento.

### h.- Almacenamiento

Los sacos fueron almacenados sobre parihuelas de madera, para evitar estar en contacto directo con el piso o las paredes del almacén y fueron debidamente separados por lotes.

### i.- Transporte

Se realizó desde las instalaciones de la Empresa Romero Trading hasta la fábrica ubicada en la ciudad de Chincha, mediante vehículos garantizando el traslado y principalmente el no ingreso de agua a la carga.

## 3.3.2.- Análisis fisicoquímico

### A.- En la materia prima

El análisis fisicoquímico de las almendras de cacao de los seis clones (ICS 1, ICS 95, UF 613, IMC 67, THS 565, CCH 51) y el cacao criollo, se realizó utilizando los métodos recomendados por la **AOAC, (1990)**, durante los procesos de fermentación y secado; los cuales se determinaron por medio de muestras en triplicado, estos fueron:

#### a.- Temperatura de la masa de cacao

Fue determinada mediante un termómetro manual calibrado de 0 a 100 °C con una precisión de  $\pm 0,1$  °C, el cual fue introducido en el centro de la masa de cacao en los cajones fermentadores, la lectura fue tomada a la misma hora y durante los días que duró el proceso de fermentación.



**Figura 12:** Lectura de temperatura en la masa de cacao fermentándose

### b.- Humedad

La determinación del contenido de humedad se hizo por duplicados en placas petri a peso constante, se colocaron en cada una de ellas un peso conocido de muestras (10 gr. aprox.). Posteriormente se introdujeron las placas petri en estufa al vacío a 105 °C a presión atmosférica y se mantuvieron ahí por 24 horas. **AOAC, (1990)**. Se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

**Donde:**

**P<sub>i</sub>** = Peso inicial  
(Peso de Placa + Muestra)

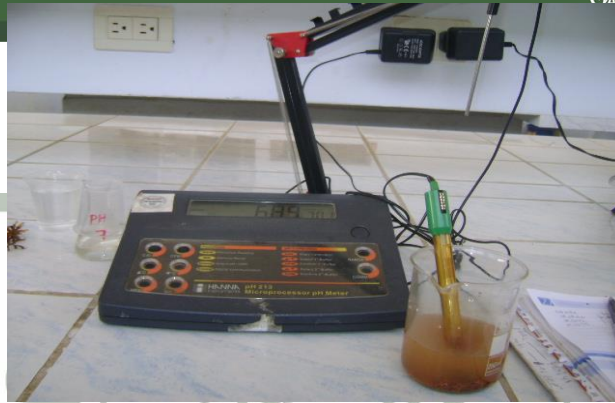
**P<sub>f</sub>** = Peso final

**% H** = Porcentaje de humedad

### c.- pH

Para la medición del pH se usó un pH- metro digital, previa calibración del potenciómetro, se enjuagó el electrodo con agua destilada y se secó cuidadosamente, el potenciómetro se calibró con buffer pH 7, posteriormente el electrodo se introdujo en una dilución de 10 g. de muestra de las almendras de cacao molidas y 100 ml de agua destilada y se leyó el pH, las determinaciones se hicieron por triplicado.





**Figura 13:** Medición del pH.

#### d.- Sólidos solubles

Los sólidos solubles se expresaron como ° Brix, se determinaron con refractómetro digital Atago, a 25°C. Se colocó una gota jugo de cacao (*Theobroma cacao L*) durante el proceso de fermentación y para el proceso de secado se realizó una dilución de 1:0.5 de almendras molidas de cacao y agua destilada (metodología seguida de **Graziani de Fariñas, (2003)**) en el refractómetro previa calibración del equipo con agua destilada, posteriormente se leyeron los ° Brix por triplicado.



**Figura 14:** Medición de sólidos solubles (°Brix)

#### e.- Acidez titulable

La acidez se determinó por triplicado por el método de **AOAC, (1990)**. La acidez se realizó con la muestra diluida 1:1 de almendras molidas de cacao y agua destilada. La determinación se hizo por titulación con una solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N, se transfirieron de la muestra a un vaso precipitado y se adicionó 2 a 3 gotas de solución de fenolftaleína. Posteriormente se tituló la

muestra hasta que se establezca el vire al color rosa. El porcentaje de acidez es expresada como ácido cítrico calculándose mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{N \times V \times 0.064 \times 100}{V_m}$$

**Donde:**  
**N** = Normalidad del Hidróxido de Sodio  
**V** = Volumen del Hidróxido de Sodio usado para la titulación.  
**0.064** = Miliequivalentes del Ácido Cítrico.  
**V<sub>m</sub>** = Volumen de la Muestra (ml)



Figura 15 Medición de la Acidez (%)

**f.- Tiempo de fermentación**

Se determinó visualmente, mediante el corte de la almendra en forma longitudinal y se observó un agrietamiento en el cotiledón y la emanación de un exudado color marrón lo cual significó que el proceso de fermentación terminó.

Se realizó la remoción de las almendras de cacao durante el proceso de fermentación cada 24 horas durante cinco (05) días.



Figura 16: Almendras de cacao durante el tiempo de fermentación.

## B.- Producto terminado

Los controles realizados para el producto terminado fueron: Índices físicos de calidad y propiedades físicas.

### a.- Índices físicos de calidad

Para determinar los índices físicos de calidad en el producto terminado se realizó la prueba de corte de las almendras de cacao al término del proceso de secado y se determinó el grado de fermentación.

#### ➤ Prueba de corte

Para realizar esta prueba se hizo un corte longitudinal por la parte central de 100 granos de cacao, a fin de exponer la máxima superficie de corte de los cotiledones. Examinamos visualmente las dos mitades de cada grano a la luz diurna o bajo una iluminación artificial (lámpara fluorescente). Se procedió a contar separadamente los granos teniendo en cuenta lo siguiente:

- **Grano múltiple.** Es la unión de dos o más granos por restos de mucílago.
- **Grano negro.** Es el grano que se produce por enfermedades o por mal manejo postcosecha o sobre fermentación.
- **Grano pizarroso (pastoso).** Es un grano sin fermentar, que al ser cortado longitudinalmente, presenta en su interior un color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto.
- **Grano violáceos.** Grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, debido al mal manejo durante la fase de beneficio del grano.
- **Grano de buena fermentación.** Grano fermentado cuyos cotiledones presentan en su totalidad una coloración marrón o marrón rojiza y estrías de fermentación profunda.

**Fuente:** INIA (Manual de prácticas de control de calidad de Cacao (2007)).

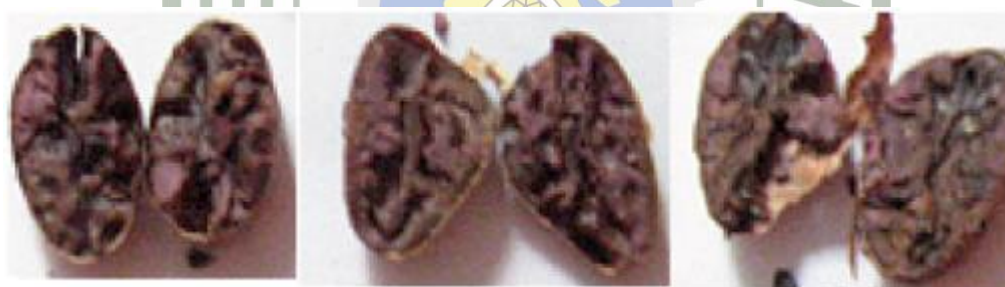
Esta descripción de los granos durante la prueba de corte lo podemos observar en la **Figura 17**.



**Granos violáceos**



**Granos medio fermentados**



**Granos pizarras**



**Granos bien fermentados**



**Figura 17:** Tipos de granos en la prueba de corte

## b.- Propiedades físicas

### ➤ Porcentaje de cascarilla

Es el contenido de cascarilla que cubre al grano de cacao expresado como un porcentaje en masa.

Se realizó triturando las almendras de cacao secas con la ayuda de un mortero, luego la cascarilla fue separada para pesarla, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% C = \frac{(C) \times 100}{mf}$$

Donde:

%C: Porcentaje de cascarilla

C: Peso de cascarilla en gramos

mf: Peso muestra final seca en gramos

### ➤ Determinación del peso del grano

Esta proporción guarda relación con la masa potencial del grano de cacao a ser empleado en un proceso industrial, expresado como un porcentaje en masa.

Para realizar esta determinación se procedió a cuantificar 100 granos de la muestra de cacao y luego fueron pesados. El peso obtenido se dividió entre 100, obteniéndose el peso promedio de un grano. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de grano} = \frac{\text{gramos de muestra de cacao}}{100 \text{ granos de cacao}}$$

## 3.4.- Diseño experimental de procesos

### A.- Ensayos preliminares

Para realizar el presente trabajo de investigación se hicieron ensayos preliminares durante dos meses los cuales nos sirvieron para corregir y determinar ciertos parámetros, en el siguiente cuadro se observa los

ensayos preliminares realizados durante el proceso de fermentación y secado:

- ✓ **Tiempo de reposo desde la recolección hasta la quiebra de las mazorcas.**

Clones y variedad de cacao	Ensayos (días)	
	1er	2do
THS 565	4	3
CCN 51	4	3
UF 613	4	3
ICS 95	4	3
ICS 1	4	3
IMC 67	4	3
Cacao criollo	4	3

Este ensayo se realizó con la finalidad de buscar la mayor concentración de sólidos solubles en el mucilago, por efecto de pérdida de agua. Obteniéndose mejores resultados con el 2do ensayo realizado.

- ✓ **Tiempo de fermentación**

Clones y variedad de cacao	Ensayos (días)	
	1er	2do
THS 565	9 - 8	8 - 7
CCN 51	9 - 8	7 - 6
UF 613	8 - 7	7 - 6
ICS 95	8 - 7	6 - 5
ICS 1	9 - 8	6 - 5
IMC 67	8 - 7	6 - 5
Cacao criollo	7 - 6	6 - 5

El tiempo de fermentación depende de las variedades estudiadas, según el 1er ensayo el tiempo de los diferentes clones y el cacao criollo estuvieron entre 8, 7 y 6 días y se observó que las almendras presentaban un color amarillento y el olor a putrefacto con la aparición de gusanos (**Fig. 18**), mientras que el 2do ensayo las características de fermentación mejoraron



observándose granos de color marrón rojizo y con un olor agradable a alcohol (Fig. 19).



Figura 18: Granos con demasiado tiempo de fermentación



Figura 19: Granos con adecuado tiempo de fermentación

✓ **Secado gradual durante los dos primeros días**

Durante las primeras horas de secado, la fermentación de los granos continúa por lo que es recomendable un secado gradual durante los 2 primeros días para lo cual a los clones y variedad de cacao se realizaron los siguientes ensayos:

Días	Ensayos (horas)	
	1er	2do
Primer día	5	3
Segundo día	6	4

Se realizó estos ensayos porque si la temperatura y la velocidad del aire son muy fuertes sólo se seca la parte externa del grano formándose una corteza dura, impidiendo la salida del ácido acético (esto provoca que el grano tenga mayor acidez). Además, dicha corteza evita la salida del agua del interior de la almendra.

✓ **Tiempo de secado**

El tiempo de secado influye bastante en la disminución de la acidez en las almendras para lo cual se realizó estos ensayo, en los cuales el tiempo de secado después del segundo día también era gradual, debiéndose removerse las almendras cada hora; para la homogeneidad del secado y evitar la sobre fermentación y el desarrollo de mohos interno y externo. El espesor del lecho en el secado fue de 2,5 centímetros.

Clones y variedad de cacao	Ensayos (horas)	
	1er	2do
THS 565	8 - 7	7 - 6
CCN 51	8 - 7	7 - 6
UF 613	8 - 7	7 - 6
ICS 95	8 - 7	7 - 6
ICS 1	8 - 7	7 - 6
IMC 67	8 - 7	7 - 6
Cacao criollo	8 - 7	7 - 6

Se realizó estos ensayos para evitar obtener almendras quebradizas y con menor rendimiento en peso.

**B.- Ensayos definitivos**

Los ensayos preliminares nos sirvieron para trabajar y obtener mejores resultados en los análisis fisicoquímicos para lo cual se trabajó con los siguientes datos durante todo el proceso de fermentación y secado de las almendras de cacao.

Clones y variedad de cacao	Tiempo de tratamiento (días)				
	Reposo	Fermentación	Secado gradual		Secado real
			1º	2º	
TSH 565	0 - 3	5	2	3	6
CCN 51	0 - 3	5	2	3	6
UF 613	0 - 3	5	2	3	6
ICS 1	0 - 3	5	2	3	6
ICS 95	0 - 3	5	2	3	6
IMC 67	0 - 3	5	2	3	6
Cacao Criollo	0 - 3	5	2	3	6

**C.- Controles realizados**

➤ **Durante los procesos de fermentación y secado**

- ✓ Temperatura (\*) (°C)
- ✓ Humedad (%)
- ✓ Acidez (%)
- ✓ Sólidos Solubles (° Brix)
- ✓ pH

(\*) Se midió solo durante el proceso de fermentación.

➤ **Índices físicos de las almendras de cacao fermentadas y secadas al sol**

- Prueba de corte
  - ✓ Granos Fermentados
  - ✓ Granos Medio fermentados
  - ✓ Granos Violetas
  - ✓ Granos Pizarrosos
  - ✓ Granos Gemelos

➤ **Propiedades físicas**

- Porcentaje de cascarilla
- Peso del grano

Siendo un aproximado de 100 g. de las almendras recogidas diariamente para los controles respectivos que se realizaban tanto en las



instalaciones de la Empresa Romero Trading y en los laboratorios de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

### 3.5.- Diseño estadístico

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Aleatorio (DCA), para el proceso de fermentación un arreglo factorial de 7 x 2 x 5 en los cuales los factores evaluados fueron: clones de cacao (THS 565, CCN 51, UF 613, ICS 95, ICS 1, IMC 67) y el cacao criollo, almacenamiento de la mazorca (0 y 3 días) y tiempo de fermentación (1,2,3,4,5 días) y para el proceso de secado un arreglo factorial de 7 x 2 x 7 en los cuales los factores evaluados fueron: clones de cacao (THS 565, CCN 51, UF 613, ICS 95, ICS 1, IMC 67) y cacao criollo, almacenamiento de la mazorca (0 y 3 días) y tiempo de secado (1,2,3,4,5,6 y 7 días), a los resultados obtenidos se les realizó un análisis de varianza con  $\alpha=0.05$  de nivel de significancia; seguida de una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan para elegir el mejor tratamiento.

**Cuadro 3:** DCA con arreglo factorial 7x2x5

Clones y variedad de cacao	Proceso de fermentación									
	AM1					AM2				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
V1										
V2										
V3										
V4										
V5										
V6										
V7										

Fuente: Elaboración Propia

**Leyenda**

**Clones y variedad de cacao (V)**

- V1: THS 565
- V2: CCN 51
- V3: UF 613
- V4: ICS 95
- V5: ICS 1
- V6: IMC 67
- V7: Cacao criollo

**Almacenamiento de la mazorca (AM)**

- AM1: 0 días
- AM2: 3 días

**Tiempo de fermentación (F)**

- T1: 1 día
- T2: 2 días
- T3: 3 días
- T4: 4 días
- T5: 5 días



**Cuadro 4:** DCA con arreglo factorial 7x2x7

Clones y variedad de cacao	Proceso de secado													
	AM1							AM2						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
V1														
V2														
V3														
V4														
V5														
V6														
V7														

Fuente: Elaboración Propia

## Leyenda

### Clones y variedad de cacao (V)

V1: THS 565

V2: CCN 51

V3: UF 613

V4: ICS 95

V5: ICS 1

V6: IMC 67

V7: Cacao Criollo

### Almacenamiento de la mazorca (AM)

AM1: 0 días

AM2: 3 días

### Tiempo de secado (S)

T0: 0 días

T1: 1 día

T2: 2 días

T3: 3 días

T4: 4 días

T5: 5 días

T6: 6 días





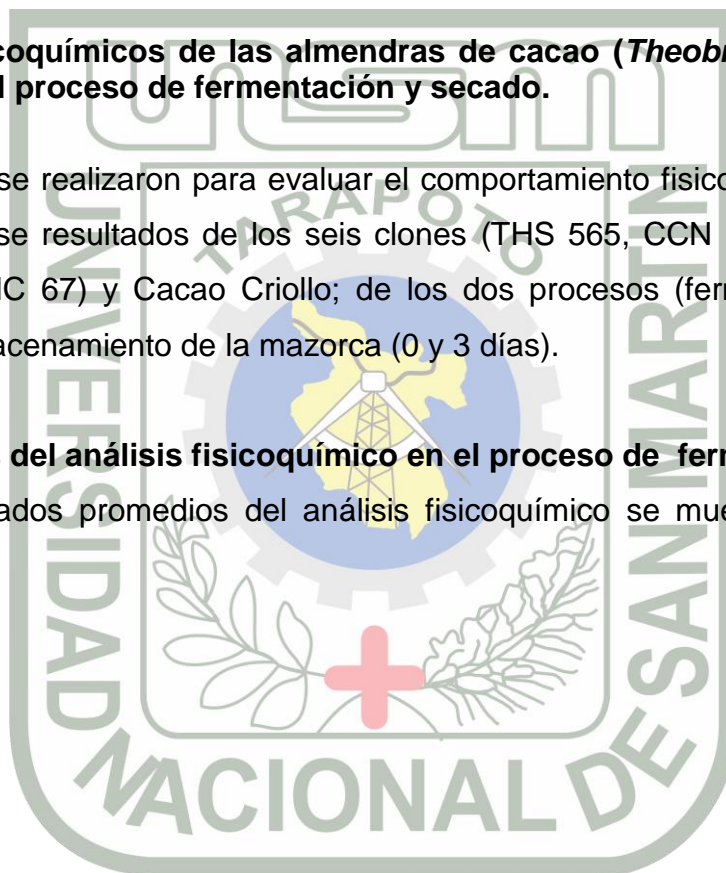
#### IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1.- Análisis fisicoquímicos de las almendras de cacao (*Theobroma cacao* L), durante el proceso de fermentación y secado.

Estos análisis se realizaron para evaluar el comportamiento fisicoquímico del cacao, obteniéndose resultados de los seis clones (THS 565, CCN 51, UF 613, ICS 95, ICS 1, IMC 67) y Cacao Criollo; de los dos procesos (fermentación y secado); y del almacenamiento de la mazorca (0 y 3 días).

##### 4.1.1.- Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación

Los resultados promedios del análisis fisicoquímico se muestran en el cuadro 9.



**Cuadro 5:** Promedio de los análisis fisicoquímicos en el proceso de fermentación

CLONES Y VARIEDAD DE CACAO	Análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación											
	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD (%)				ACIDEZ (%)	pH	SÓLIDOS SOLUBLES (° Brix)				
		PULPA + TESTA		COTILEDON								
	Días											
0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	
THS 565	33.53	35.5	76.53	76.4	38.7	35.71	0.98	0.91	5.99	5.81	13.76	16.62
CCN 51	33.26	35.08	75.56	75.11	41.37	40.73	0.82	1.01	5.84	5.93	12.46	14.69
UF 613	33.32	36.33	75.35	75.65	39.76	39.86	0.99	0.86	5.34	5.49	19.24	20.66
ICS 95	33.48	35.72	74.56	75.86	39.01	39.26	0.66	0.98	5.28	5.54	17.07	18
ICS 1	34	34.98	74.18	75	37.85	39.43	1	1.07	5.64	5.47	16.03	18.01
IMC 67	34.9	37.07	73.44	75.49	38.71	39.16	0.99	1.1	5.5	5.52	13.15	15.66
MC	34.38	36.45	74.42	75.27	38.79	40.86	0.91	0.97	5.56	5.67	16.62	21.62

Fuente: Elaboración Propia

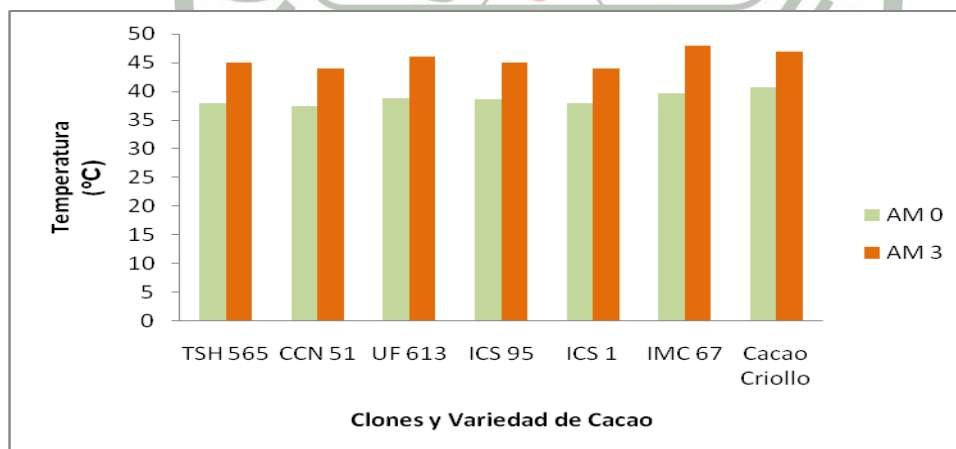
**a.- Temperatura de la masa de cacao**

Las barras del **Gráfico 1**, representan la máxima temperatura registrada en el proceso de fermentación de la masa de cacao de los clones y la variedad criollo, reportados en el Anexo 1 y Anexo 2. Considerando lo siguiente:

AM 0: Representa las almendras de cacao colocados en el cajón fermentador al término de la cosecha, reportando valores de 37.5 °C a 40.7 °C.

AM 3: Representa el almacenamiento de las mazorcas por tres (03) días para su posterior colocación de las almendras de cacao en el cajón fermentador, reportando valores de 44 °C a 48 °C.

**Gráfico 1:** Temperatura máxima de la masa de cacao en comparación con el almacenamiento de la mazorca (AM)



**Fuente:** Elaboración Propia

Estos resultados comparativos del **Gráfico 1**, nos muestran que las máximas temperaturas alcanzadas en la masa de cacao fermentado, se obtuvieron cuando el proceso se realizó con apertura de la mazorca tres días después de la cosecha registrando valores altos en el tercer día del proceso de fermentación en todos los clones de cacao y el cacao criollo. En el caso cuyas mazorcas fueron abiertas inmediatamente después de la cosecha los máximos valores alcanzados fueron en el segundo día del proceso de fermentación con temperaturas bajas en todos los clones de cacao y cacao criollo.



Estos resultados son corroborados por otros investigadores, **Rohan (1964); Torres (2001)** quienes señalan que la demora en el desgrane favorece el incremento de la temperatura durante el proceso e incremento de 2°C en la temperatura cuando las mazorcas se dejaron dos días o más sin abrir.

En el transcurso del proceso fermentativo se observó que la temperatura se incrementó hasta el 2do día del proceso en la masa de cacao desgranado al cosecharlo (**Ver Anexo 1**) y hasta el 3er día en el cacao desgranado al 3er día de la recolección (**Ver Anexo 2**), temperatura que posteriormente descendió en los dos tratamientos. Cuando el retraso del desgrane fue de 3 días, el descenso de la temperatura prosiguió hasta el final de la fermentación, en cambio en el cacao desgranado recién cosechado, la temperatura se mantuvo constante los días 2 y 3 del proceso y posterior descenso de la temperatura.

Este aumento de la temperatura, es producto de las reacciones exotérmicas relacionadas con la aireación y la actividad microbiana, **Samah et al. (1993); Senanayake et al. (1997)**, es importante porque influye sobre la muerte del embrión, condición necesaria para que se inicien las reacciones enzimáticas que dan origen a los precursores del sabor y aroma a chocolate, **Braudeau (1970)**. Durante el proceso fermentativo se desarrollan levaduras que ocasionan una fermentación alcohólica de la pulpa, siendo los azúcares transformados en alcohol, que cual luego es oxidado a ácido acético por acción de las bacterias acéticas. Esta reacción es altamente exotérmica y es la causa principal de la elevación de la temperatura en el proceso, **Samah et al. (1993); Senanayake et al. (1995)**. En tanto que el posterior descenso de la temperatura es producto de la inactivación de la microflora al alcanzar, dicha variable, valores cercanos a los 40 °C, **Senanayake et al. (1995)**.

En cuanto al mayor incremento y a la temperatura más elevada de la masa de cacao, obtenidos al desgranar las mazorcas 3 días después de la cosecha, podrían ser atribuidos a una prefermentación de las mazorcas durante el almacenamiento, como lo suscita la presencia de granos marrones en dichos

cacaos antes de fermentarlo. **Rohan (1964)** y **Barel (1987)** observaron que la demora en el desgrane de la mazorca, origina aumentos más bruscos y temperaturas más altas en la fermentación del cacao.

Los máximos de temperatura obtenidos con 3 días de almacenamiento de mazorca en los clones de cacao y el cacao criollo del presente estudio fueron en el rango 44 - 47 °C considerado como satisfactorio para causar la muerte del embrión y el desarrollo de las reacciones enzimáticas en los tejidos de los cotiledones durante el proceso de fermentación, **Braudeau (1970)**, así mismos **Moreno (1980)** considera que la temperatura de fermentación debe subir hasta 48 °C o 50 °C y **Barel (1987)** a los 45 °C encontrados a las 48 horas en cacao forastero de Costa de Marfil, desgranado a los 6 días después de la cosecha, estas pequeñas variaciones podrían deberse a la cantidad de cacao usada en la fermentación puesto que el mecanismo del proceso de fermentación es muy complejo y depende de la cantidad de pulpa, microorganismos y disponibilidad de oxígeno, **Senanayake et al.(1995)**, lográndose rápidos incrementos de temperatura con una adecuada aireación dentro de la masa de cacao, **Braudeau (1970)**; **Senanayake et al. (1997)**; **Schwan et al. (1990)** y temperaturas más elevadas cuando se usan mayores volúmenes de masa **Senanayake et al. (1995; 1997)**. Sin embargo **Álvarez (1997)** detectó temperaturas mayores (40,9 °C) en el 2do día de la fermentación del cacao tipo criollo desgranado recién cosechado, similar a los encontrados en este estudio con el cacao criollo que fue de 40.7 °C desgranado recién cosechado.

Con relación al día en que la temperatura alcanza su máximo valor, la bibliografía señala resultados diversos. En investigaciones anteriores sobre cacao tipo forastero de la zona norte costera del estado Aragua, se detectaron máximos de temperatura en el día 3 de la fermentación del cacao desgranado recién cosechado, **Lemus et al. (2002)**; **Contreras (2004)**, así como en el cacao desgranado 5 días después de la cosecha, **Graziani de Fariñas (2003)**; **Torres (2004)**, y en el día 2 en cacao desgranado recién cosechado, **Torres (2004)**.

Así mismo, **Portillo (2005)** en sus estudios sobre el cacao porcelana del sur del Lago de Maracaibo, obtuvieron un máximo de temperatura a los 3 días de la fermentación. En cambio, **Senanayake et al. (1995)** encontraron los más altos niveles de temperatura al 4to día de la fermentación del cacao trinitario y forastero de Sri Lanka desgranado 24 horas después de cosechado y fermentado a pequeña escala, así como a los obtenidos por **Contreras (1999)** en cacaos forasteros (43,50 °C) de Cumboto.

El análisis de varianza para la temperatura promedio en la masa de cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver anexo 14)**

#### b.- Humedad

##### ➤ Contenido de humedad en la pulpa + testa

En la humedad de la pulpa + testa no mostró diferencias entre los clones de cacao y el cacao criollo con almacenamiento de mazorca de 0 y 3 días, se notó un aumento durante la fermentación, incrementándose el 3er día, alcanzándose un valor de 75.83% para el clon ICS 95 y 78.99% para el clon THS 565 (con 0 días de almacenamiento de la mazorca) y 77.45% para el clon CCN 51 y 79.54% para el cacao criollo (con 3 días de almacenamiento de la mazorca) para descender al 5to día del proceso fermentativo hasta un valor de 71.56% para el clon IMC 67 y 74.41% para el clon CCN 51 (con 0 días de almacenamiento de la mazorca) y 71.89% para el cacao criollo y 73.95% para el clon ICS 95 (con 3 días de almacenamiento de la mazorca) inferior al inicial. **(Ver Anexo 3)**.

El aumento de la humedad de la pulpa, en el 2do día del proceso fermentativo es causado por la fuerte emisión de jugos producto de la descomposición de la pulpa, **Dougan et al. (1981)**. Además, el ácido acético formado por las bacterias



acéticas es posteriormente oxidado a dióxido de carbono y agua, **Braudeau (1970); Dougan et al. (1981), Senanayake et al. (1997).**

Estos resultados obtenidos son distintos a los de **Portillo (2000)**, quien encontró que en la pulpa + testa del cacao criollo porcelana del Sur del Lago de Maracaibo el contenido de humedad descendió continuamente, en cambio **Torres (2000)** notó que, al fermentar el cacao forastero de Cuyagua, la humedad de la pulpa + testa no varió, según **Enríquez (2000)** estos valores del contenido de humedad en la pulpa + testa puede cambiar ligeramente, dependiendo de la época de fermentación ( tiempo seco , menos pérdida ) o la estación de cosecha, generalmente durante la época lluviosa, las almendras contienen inicialmente un mayor contenido de agua. También puede hacer variar el contenido de agua, el tiempo que transcurra desde el momento de la cosecha hasta el momento de la apertura de la mazorca; mientras mas tarde en abrirse, menor será la perdida, por contener menos agua la masa inicial.

El análisis de varianza para el contenido de humedad promedio en la pulpa + testa en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver anexo 15)**

#### ➤ **Contenido de humedad en el cotiledón**

En la humedad del cotiledón se observó que los clones y el cacao criollo con almacenamiento de mazorca de 0 días fue mayor desde el inicio de la fermentación en comparación con el almacenamiento de la mazorca de 3 días durante el proceso fermentativo, el mayor incremento ocurrió en el último día con valores entre 40.67% para el cacao criollo y 44.52% para el clon CCN 51 (con 0 días de almacenamiento de la mazorca) y 38.92% para el clon TSH 565 y 45.23% para el clon ICS 1 (con 3 días de almacenamiento de la mazorca), superior al inicial. **(Ver Anexo 4).**



Según **Enríquez (2000)** los cotiledones al iniciar la fermentación tienen entre 35 y 38 % de humedad, durante el proceso de fermentación, el cotiledón aumenta su contenido de humedad hasta niveles de 40 y 45 %, a partir de la cual se destina para el secado. Sin embargo, varios investigadores **Álvarez (1997)**; **Graziani et al. (2003)** han detectado un descenso de la humedad del cotiledón en esta etapa del beneficio del cacao almacenado antes del desgrane.

Este incremento de la humedad en los cotiledones ha sido atribuido a la difusión de los productos de la fermentación de la pulpa a través de la testa, incremento que puede ser un fenómeno aparente ya que la pérdida de sustancia sólida de los cotiledones es constante y simultánea. **Rohan (1964)**.

**Portillo (2000)** encontró que el contenido de humedad no cambió durante la fermentación en el cotiledón del cacao criollo porcelana del sur del Lago de Maracaibo, en cambio **Torres (2000)** notó que, al fermentar el cacao forastero de Cuyagua, la humedad del cotiledón disminuyó al 4to día.

En comparación con la bibliografía, las humedades de las dos fracciones (pulpa + testa y cotiledón) del grano de cacao tipo criollo fueron menores a las encontradas (50,24% en cotiledón y 79,80% en pulpa + testa) por **Portillo (2000)** y las del forastero superiores a las obtenidas por **Torres (2000)** al 4to d de la fermentación (21,56% en cotiledón y 59,04% en pulpa + testa).

El análisis de varianza para el contenido de humedad promedio en el cotiledón en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver Anexo 16)**

### c.- pH

Los resultados revelan al inicio de la fermentación un pH alto para los dos tiempos de aguante de la mazorca. En el caso del aguante cero el valor máximo fue de 6,54 para el clon CCN 51 al principio, para luego descender a 5,22 para el clon ICS 95 al final del proceso. En cambio, para los tratamientos cuyas mazorcas se desgranaron tres días después de la cosecha el pH inicial fue de 6,34 para el clon CCN 51 manteniéndose prácticamente constante durante la fermentación. Considerando los resultados obtenidos en este trabajo, donde el máximo valor de pH fue de 6,24 para el clon THS 565 al final del proceso, superior al intervalo de 5,0 y 5,5 sugeridos por **Misnawi et al. (2004)**, se pudiera inferir que las características sensoriales y aromáticas del cacao son favorecidas durante el proceso. **(Ver Anexo 5).**

Este descenso del pH durante la fermentación del cacao se debe a la degradación por acción microbiana de los ácidos, **Meyer (1989)** y a la pérdida por difusión de estos compuestos hacia el cotiledón, **López et al. (1983)**; **Schawn et al. (1990)**. **Biehl et al. (1989)** señalaron que el sabor es mejorado si el valor de pH del grano no es menor a 5,0 durante las primeras etapas de la fermentación.

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten sugerir que los diferentes clones y variedad de cacao poseen un potencial aromático elevado, ya que, los valores de pH alcanzados son superiores a 5,0, a partir de las 48 horas de fermentación. Al respecto **Rohan (1964)**, señaló que cuando el pH es menor de 5,0; es indicativo de una fermentación defectuosa. Por su parte **Meyer (1989)**, revelan que valores de pH en los cotiledones (pH 4,5) disminuyen el potencial aromático en el cacao, y por el contrario cuando ese valor es de 5,0 - 5,5 éste se incrementa. La tendencia de los resultados de pH, coinciden con los resultados de **Barel, Enríquez y Senanayake et al. (1997)**

El análisis de varianza para el pH promedio en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca,

tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver anexo 17)**

#### d.- Acidez

La variable acidez durante la fermentación tiene un comportamiento contrario al pH reflejando claramente que la acidez en todos los clones y variedad de cacao se inicia con valores bajos siendo de 0,28% para el clon ICS 95 cuando las mazorcas se abren el mismo día de la cosecha y de 0,38% para el clon CCN 51 para aquellas que se desgranaron tres días después. Posteriormente, en el caso del aguante 0 días, se observó un incremento de la acidez hasta el tercer día de iniciada la fermentación alcanzando un valor de 1,25% para el clon TSH 565 a partir de allí se mantuvo constante llegando a 1,09% el último día del proceso.

Cuando el aguante es de tres días la tendencia es similar, con la diferencia que el máximo valor de acidez se obtuvo a las 48 horas de iniciada la fermentación, el cual fue de 1,39% para el clon CCN 51, posteriormente, ocurrió una disminución de esta variable a través del tiempo, hasta obtener un valor de 0,85 para el clon TSH 565 al final del proceso. **(Ver Anexo 6)**

Estos resultados coinciden con los encontrados por **Biehl et al. (1989)**, **Hardy (1961)** y **Yusep et al. (2002)**, quienes reportaron valores de pH bajos al inicio del proceso y un incremento de estos al final de la fermentación. También este mismo comportamiento fue detectado por **Torres (2000)** en el cacao forastero, en tanto que **Portillo (2000)** encontró una merma de la acidez total en el cacao porcelana.

Además, durante la cosecha y quiebra de las mazorcas ocurre una disminución natural de la acidez que se acentúa en las primeras 24 horas del proceso fermentativo. **Schwan et al. (1990)**.

El aumento de la acidez y de la temperatura conllevan a la muerte del embrión y a una lisis parcial de las paredes celulares, lo que permite el contacto de las



diferentes enzimas con sus respectivos substratos, ocasionando las reacciones que originan los precursores del sabor a chocolate. **Cross y Jeanjean (1995)**.

Durante la fermentación, los principales ácidos producidos son el acético y el láctico, **Samah et al. (1993)**, los cuales se incrementan en el cotiledón, en tanto que en la pulpa los niveles de ácido láctico muestran una leve tendencia a disminuir después de un incremento inicial, mientras que los del acético varían muy poco, lo que revela que la acetificación del alcohol ocurre a mayor velocidad que la oxidación del ácido, **Dougan et al. (1981)**. Una fuerte acidificación acompañada de rápidos incrementos de temperatura en la pulpa estimula la fermentación, la destrucción de la estructura subcelular del cotiledón y la liberación proteolítica de los aminoácidos, pero el potencial del sabor es obviamente reducido por la alta acidez.

El análisis de varianza para la acidez promedio en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver anexo 18)**

#### e.- Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles totales expresados en ° Brix en todos los clones y variedad de cacao durante la fermentación se mostró en forma descendente durante todo el proceso con la diferencia que los valores mas altos fueron los alcanzados por las mazorcas con almacenamiento de 3 días con valores de 22,26 a 20.86 ° Brix para el cacao criollo y 15.25 a 14.07 ° Brix para el clon CCN 51 y las mazorcas con almacenamiento de 0 días mostraron valores de 19,89 a 18.61 ° Brix para el clon UF 613 y 13,24 a 11.54 ° Brix para el clon CCN 51. **(Ver Anexo 7)**



El alto contenido de azúcares en la pulpa favorece el desarrollo de las levaduras durante el proceso fermentativo, las cuales promueven la fermentación alcohólica, con un consecuente aumento de la acidez y de la temperatura que lleva a la muerte del embrión y a una lisis parcial de las paredes celulares, ocasionando las reacciones que originan los precursores del sabor a chocolate, **Cros y Jeanjean (1995)**. La pulpa que envuelve las semillas es azucarada y ácida por la presencia de ácido cítrico, **Braudeau (1970); Cros y Jeanjean (1995)**. Esta acidificación de los granos tienen un efecto favorable sobre el sabor del cacao, debido a que la actividad proteolítica es óptima a pH 4,5 - 5,5; no obstante, una acidez excesiva reduce el potencial del sabor. **Biehl et al. (1985)**.

Los valores obtenidos en los diferentes clones y variedad de cacao difieren de los de **Penha y Da Matta et al. (1998)** quienes hallaron la cantidad de sólidos solubles en un rango de (17-19° Brix) en la pulpa de cacao de Bahía, Brasil.

El almacenamiento de las mazorcas antes de realizarse el proceso de fermentación es muy importante, la pérdida de agua es menor dentro del fruto y la concentración de azúcares es mayor, **Días y Ávila (1993)** mencionaron que a mayor tiempo que las mazorcas estén almacenadas antes del desgrane existe una mayor concentración de sólidos solubles que favorecen el desarrollo de levaduras para mejorar el proceso de fermentación

La determinación del contenido de sólidos solubles es de mucha importancia en la predicción del proceso de fermentación ya que indirectamente refleja la cantidad de azúcares presentes en el mucílago. En la actualidad no existen análisis bibliográficos que relacionen este parámetro con el proceso de fermentación.

El análisis de varianza para sólidos solubles promedio en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y

variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. (Ver Anexo 19)

**4.1.2.- Resultados del análisis fisicoquímico en el proceso de secado**

Los resultados promedios del análisis fisicoquímico se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6:** Promedio de los análisis fisicoquímico en el proceso de secado

Clones y variedad de cacao	Análisis fisicoquímico en el proceso de secado							
	Humedad (%)		Acidez (%)		pH		Sólidos solubles (° Brix)	
	Días							
	0	3	0	3	0	3	0	3
THS 565	29.46	28.21	1.23	1.15	5.62	6.19	9.79	12.63
CCN 51	30.64	28.43	1.15	1.12	5.58	6.04	10.65	13.9
UF 613	29.78	27.96	1.24	1.13	5.33	5.54	15.54	17.05
ICS 95	27.89	28.06	1.21	1.15	5.34	5.8	14.56	15.65
ICS 1	30.11	29.22	1.13	1.08	5.4	5.79	12.63	14.62
IMC 67	29.63	28.57	1.21	1.14	5.46	5.88	10.78	13.57
Cacao criollo	29.94	28.69	1.2	1.16	5.55	5.82	14.64	17.63

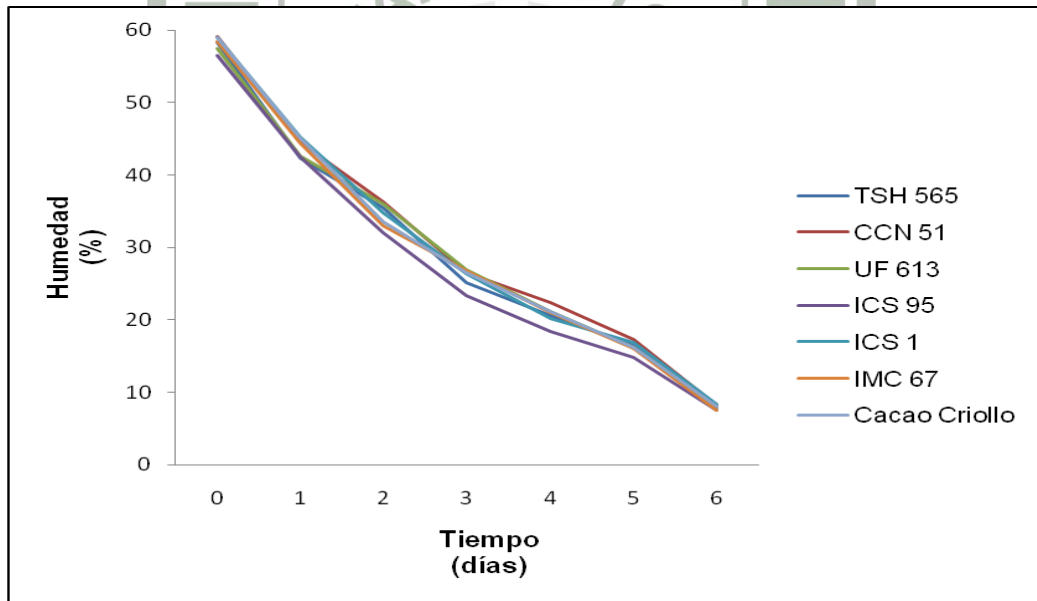
Fuente: Elaboración Propia

**a.- Humedad de la masa total del fermentado**

El contenido de humedad es un factor de calidad para preservación, conveniencia en empaque transporte y almacenamiento, también constituye un criterio de identidad, **Bradley et al. (2003)**. Con respecto al contenido de humedad, los valores están en 59.15% para el clon CCN 51 a 7.51% para el clon ICS 95 de las mazorcas con almacenamiento de 0 días, (Ver Anexo 8), mostrando estas un mayor contenido inicial de humedad en la masa total del fermentado (el grano más los residuos de la pulpa) frente a valores de 57.68% para el clon ICS 1 a 7.47% para el clon UF 613 de las mazorcas con almacenamiento de 3 días, (Ver Anexo 8). Sin embargo con estos valores de

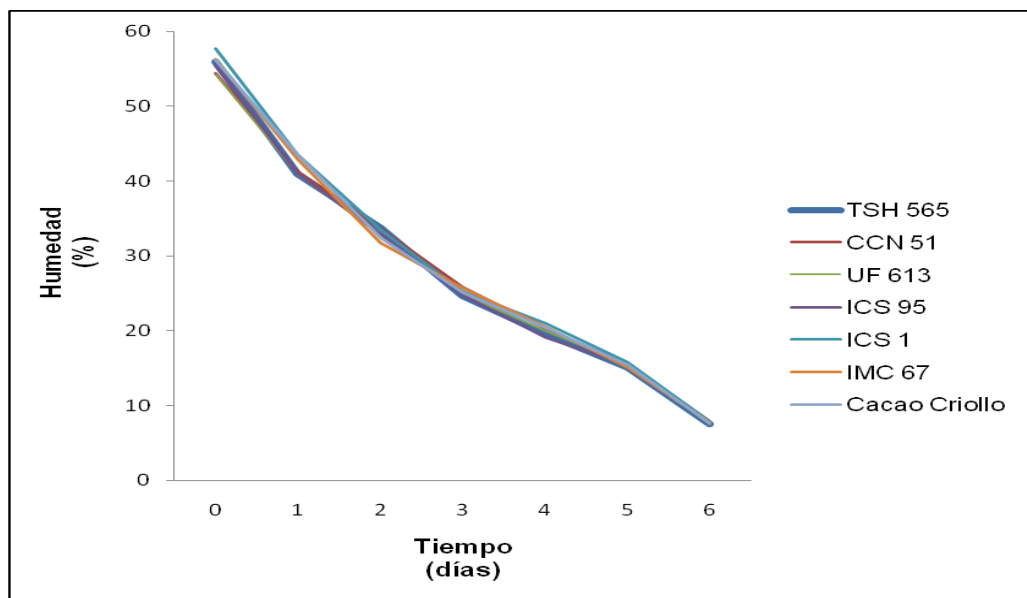
humedad final; los hacen ser considerados como productos seguros con prolongada vida de almacenamiento, **Bradley et al. (2003)**.

**Gráfico 2:** Variación del contenido de humedad de la masa total del fermentado con almacenamiento de la mazorca (0 días) durante el tiempo de secado



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 3:** Variación del contenido de humedad de la masa total del fermentado con almacenamiento de la mazorca (3 días) durante el tiempo de secado



Fuente: Elaboración Propia

Durante el secado al sol del cacao, la velocidad promedio del descenso de la humedad en el grano es en función del número de días de secado y varía considerablemente según las condiciones climáticas imperantes al exponer los granos al sol, dependiendo de la temperatura ambiente y velocidad del viento, **Ghosh y Cunha (1975)**, puesto que el calor y el movimiento del aire contribuyen a la remoción de la humedad, **Jinap et al. (1994)**. En este proceso, la pérdida de agua es gradual y continua. **Jinap et al. (1994); Ghosh y Cunha (1975); Días y Ávila (1993)**.

El secado es una etapa del beneficio del cacao en la que se elimina el exceso de humedad de los granos por calentamiento y se completa la formación del aroma y sabor a chocolate. Al finalizar la fermentación del cacao el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, que debe ser reducido hasta un valor próximo 6 a 7%, máximo a 8% para evitar el desarrollo de mohos que deterioran la calidad, **Rohan (1964)** y además para facilitar el almacenamiento, **Cros y Jeanjean (1995); Jinap et al. (1994)**, transporte, manejo y comercialización del cacao.

**Enríquez (2000)**, también menciona que la masa total del fermentado contiene aproximadamente entre 60 a 55% de humedad y que durante el secado dependiendo del método, el grano pierde rápidamente la humedad, hasta llegar a 6 u 8%.

El análisis de varianza para el contenido de humedad promedio de la masa total del fermentado en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver Anexo 20)**



## b.- pH

El pH, mostró un comportamiento variable durante el secado, de forma que aumento levemente y permaneció constante hasta el día 3 para luego descender a un valor estadísticamente igual al de los primeros días en las mazorcas con almacenamiento de cero días y un aumento hasta el día 2 y descender levemente a un valor inferior al inicial para las mazorcas con almacenamiento de tres días. Los valores finales de pH fueron próximos a 5, valor que ha sido señalado como indicativo de un grano fermentado de buena calidad. **Samah et al. (1993).**

En el secado el pH se incrementa, **Jinap et al. (1994); Nogales (1999); Rodríguez y Rojas (2000)** debido a la pérdida de ácidos conjuntamente con la evaporación del agua, **Días y Ávila (1993)**. Además, los compuestos fenólicos disminuyen por difusión fuera del cotiledón y por la formación de complejos con las proteínas y los polisacáridos. **Brito (2000).**

Al final del secado, el cacao presentó un pH entre 5.09 para el clon ICS 95 a 5.37 para el cacao criollo en las mazorcas con almacenamiento de cero días, mientras que en las mazorcas con almacenamiento de tres días presentó un pH entre 5.15 para el clon UF 613 a 5.65 para el clon THS 565 (**Ver Anexo 9**) y se acercó al rango de (5,50-5,80) fijado por **Jinap et al. y Dimick (1990)**, según el cual se incluye a los tipos de cacao en estudio en el grupo de cacaos con alto pH. Por otro lado **Bonaparte et al. (1998)**, menciona que el pH debe ser un mínimo de 4.78, y otros estudios como lo obtenido por **Rodríguez y Rojas (2000)**, mencionan para el cacao seco tipo forastero un pH de 4.97 menor que el del cacao tipo criollo con un pH de 5.48 y **Nogales et al. (1999)**, encontró un pH de 5.51 durante el proceso de secado para cacao criollo.

Finalmente, estos resultados indican que la variable pH obtienen sus mejores valores, con mazorcas almacenadas por tres días, remociones cada 24 horas y tiempos de fermentación entre 48 y 120 horas, siendo recomendable estas condiciones para lograr el desarrollo de los precursores del aroma

El análisis de varianza para pH promedio en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver Anexo 21)**

### c.- Acidez

La variable acidez durante el secado tiene un comportamiento contrario al pH reflejando claramente que la acidez en todos los clones y el cacao criollo se inicia con valores altos siendo de 1,35% para el clon UF 613 a 1,23% para el clon ICS 1 cuando las mazorcas se abren el mismo día de la cosecha y de 1,29% para el cacao criollo a 1,18% para el clon ICS 1 para aquellas que se desgranaron tres días después. Posteriormente, en el caso del aguante 0 y 3 días, se observó una disminución constante de la acidez hasta el último día del proceso; con la diferencia que las mazorcas con almacenamiento 0 días, alcanzaron valores de acidez superior a 1% y las mazorcas con almacenamiento 3 días sus valores obtenidos fueron de 1 a 0,95% al final del proceso. **(Ver Anexo 10)**

La reducción de la acidez de los granos, coincidió con el mayor descenso de la humedad. Al respecto, varios investigadores observaron que conjuntamente con la pérdida de agua que se produce durante el secado, ocurre una merma de la acidez, específicamente de los ácidos volátiles y libres, **Días y Ávila (1993)**. Esta disminución de la acidez es favorecida cuando el secado procede lentamente, **Días y Ávila (1993)** y se establece un balance entre las velocidades de evaporación del líquido en la testa y de la difusión de los líquidos del cotiledón, **Jinap et al. (1994)**.

Estos resultados fueron distintos de los obtenidos en estudios previos en cacao de Cumboto **Ortiz de Bertorelli (2003)** en los cuales se encontró un contenido de

acidez total (1,08%). Así mismo, difirieron de los valores de acidez total (0,128 meq NaOH/g muestra) obtenidos por **Jinap y Dimick (1990)** para cacao fermentados y secos procedentes de Venezuela y de los de **Bonaparte et al. (1998)** para cacao de St. Lucia (20,72 meq NaOH/g 100g). Esta discordancia en los valores posiblemente se deba a la utilización de distintos materiales de cacao y procesos.

El análisis de varianza para la acidez promedio en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver Anexo 22)**

#### d.- Sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles totales mostró una disminución a medida que se desarrollaba el secado, el descenso del contenido de sacarosa en los clones y el cacao criollo fue constante y similar, las mazorcas con almacenamiento de 0 días alcanzaron valores de 16,23 ° Brix para el clon UF 613 y 9,02° Brix para el clon THS 565 y las mazorcas con almacenamiento de 3 días alcanzaron un valor de 18,56 ° Brix para la muestra comercial y 11,93 ° Brix para el clon THS 565 desde el inicio hasta el final del proceso. **(Ver Anexo 11)**

Este descenso es debido a la conversión de los azúcares en alcohol por acción de las levaduras, cuyo desarrollo es favorecido por el alto contenido inicial de azúcares en la pulpa, el bajo pH y el ambiente anaeróbico que predomina durante la primera fase de la fermentación, siendo los azúcares también eliminados a través del exudado. **Schwan et al. (1990) y Samah et al. (1992).**

En la actualidad no hay trabajos realizados en este tipo de análisis sólo **Puziah et al. (1999)** menciona que la concentración de sacarosa es disminuida por hidrólisis



enzimática, reacción que continúa hasta que la enzima invertasa es inactivada por el incremento de la temperatura y la pérdida de humedad.

El análisis de varianza para sólidos solubles promedio en el cacao reveló que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tiempo de fermentación y almacenamiento de mazorca; y no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tiempo de fermentación por almacenamiento de mazorca. **(Ver Anexo 23)**

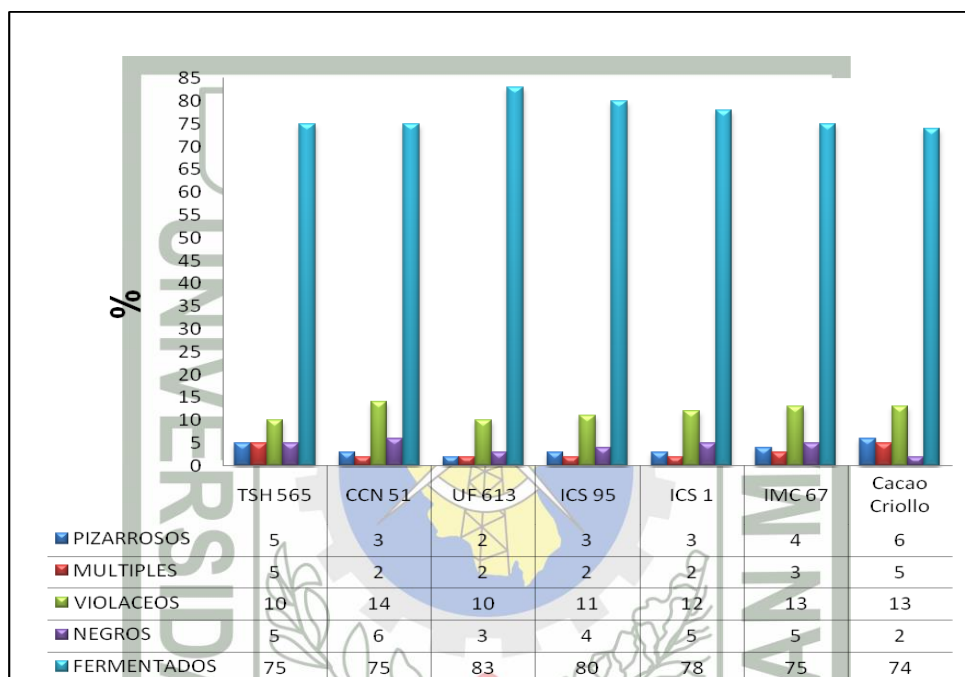
#### **4.2.- Análisis en el producto terminado**

##### **4.2.1.- Porcentaje de índices físicos: Prueba de corte**

En cuanto a los índices físicos de los granos fermentados y secados al sol se observó que el grado de fermentación fue superior en la mazorcas con almacenamiento de 0 días con valores de 75 a 83%, siendo el mayor grado de fermentación del clon UF 613 con 83% y en las mazorcas con almacenamiento de 3 días los valores fueron de 70 a 75%, y el mayor grado de fermentación fue del clon ICS 95 con 75%, estos valores están en el rango establecidos de los granos con buena fermentación, y también el almacenamiento del fruto antes de la fermentación afectó el porcentaje de granos negros, de manera que al cacao con almacenamiento de 3 días le correspondieron los valores más altos.

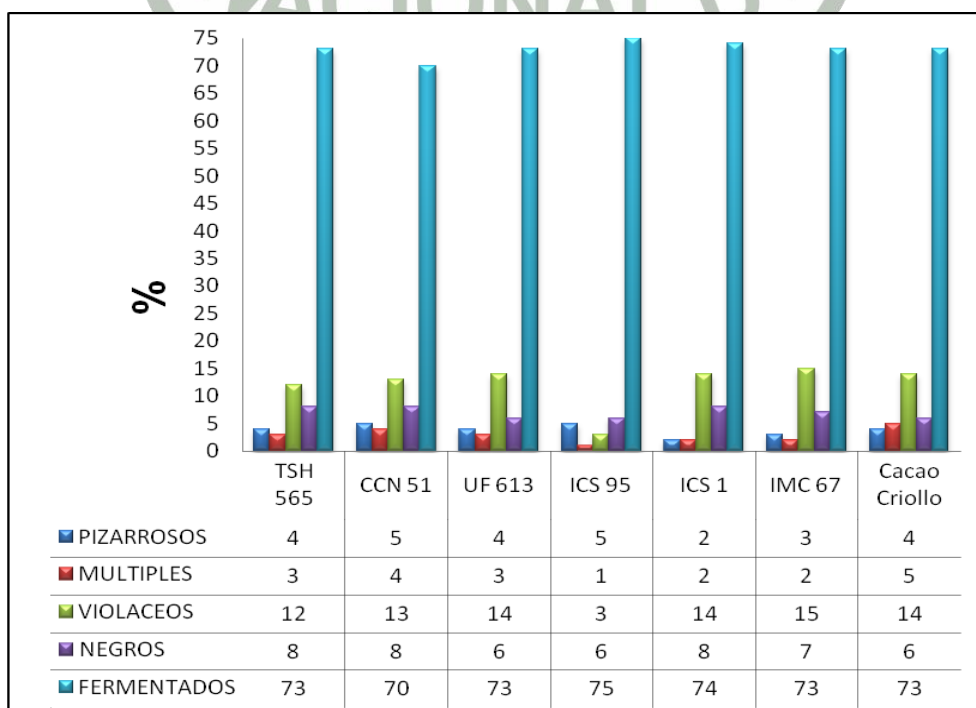


**Gráfico 4:** Porcentaje de índices físicos con almacenamiento de mazorca (0 días)



Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 5:** Porcentaje de índices físicos con almacenamiento de mazorca (3 días)



Fuente: Elaboración Propia

Los índices físicos de calidad de los granos secos se relacionan con el grado de madurez de los frutos, observándose que mazorcas que no están completamente maduras dan origen a granos insuficientemente fermentados, violáceos y pizarrosos, ya que carecen de suficiente cantidad de azúcar para una adecuada fermentación. **Rohan et al. (1964).**

Así mismo, son afectados por el almacenamiento del fruto previo a la fermentación, **Barel (1987); Días y Ávila (1993); Torres et al. (2004)** y por la frecuencia de remoción de la masa fermentante, **Senanayake et al. (1997)**, factores que al acelerar el proceso fermentante, **Barel (1987); Torres et al. (2004)**, incrementan el porcentaje de granos fermentados y pueden ocasionar una sobre fermentación en la cual los granos toman un color negro o pardo oscuro. **Rohan et al. (1964).**

También se ha observado que el uso de granos provenientes de mazorcas dañadas o enfermas propician la presencia de granos negros en el cacao seco. **Braudeau (1970); Rohan (1964).**

Los resultados de algunos de los índices físicos determinados fueron más altos que los encontrados por **Ortiz de Bertorelli et al. (2004)**, probablemente por diferencias en el procesamiento del grano. Así mismo, los valores superan algunos de los rangos establecidos por **INDECOPI (2006)** como requisitos para considerar el producto como cacao fino de primera calidad, sin embargo, se debe resaltar que el cacao criollo y el almacenamiento de mazorcas de 3 días pueden ser clasificados como tales, sobre la base de la cantidad de granos pizarrosos, múltiples, negros y violáceos. Cabe destacar que un buen manejo agronómico y un adecuado beneficio son indispensables para cumplir con las exigencias de calidad.

Por otro lado, en varios cultivares de cacaos fermentados con distintas condiciones, algunos autores **Tomlins et al. (1993)** no observaron diferencias significativas en los resultados de la prueba del corte (cut-test) después del secado al sol o mecánico de los granos.

El análisis de varianza para los índices físicos promedio en el cacao reveló que no existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, tipos de grano y almacenamiento de mazorca; y entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por tipos de grano, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, tipos de grano por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por tipos de grano por almacenamiento de mazorca. (Ver Anexo 24)

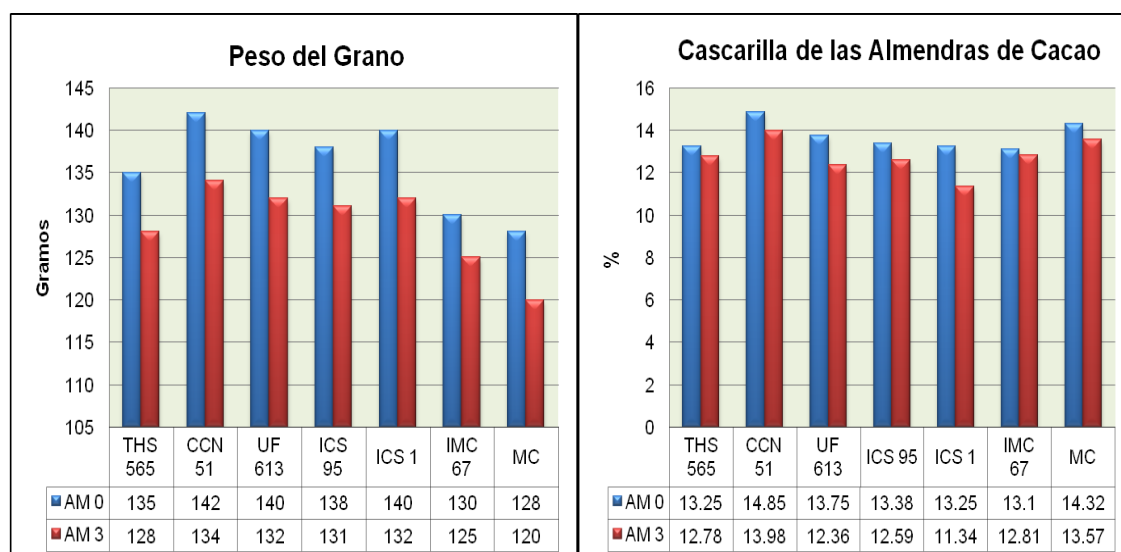
#### 4.2.2.- Propiedades físicas de las almendras de cacao fermentadas y secas

##### ➤ Peso del grano y porcentaje de cascarilla

La homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño resultan de suma importancia para la industria procesadora, ya que afecta la proporción de cáscara o testa, contenido de grasa y la efectividad del proceso de tostado. **Powell et al. (1981); Manual de Productos Básicos (1991).**

El peso del grano y porcentaje de cascarilla variaron, teniendo en cuenta el almacenamiento de la mazorca durante el secado, de forma que las mazorcas con almacenamiento de 0 días, presentaron mayores valores de peso del grano y porcentaje de cascarilla que las mazorcas con almacenamiento de 3 días.

**Gráfico 6:** Propiedades físicas de las almendras de cacao con almacenamiento de mazorca de (0 y 3 días)



Fuente: Elaboración Propia

Estos resultados señalan que al retardar el desgrane de las almendras de cacao el peso del grano y porcentaje de cáscara es menor mientras lo que puede ser atribuido al desprendimiento del mucílago dentro de la mazorca causado por la fricción de los granos entre sí y al contenido final de la humedad durante el secado.

**Stevenson et al. (1993)**, establecieron una relación entre el peso promedio de la almendra de cacao sometida a fermentación y secado con su contenido de cáscara. Estos autores concluyeron que almendras con pesos que varían desde 100 g a 150 g poseen un menor contenido de cáscara (entre el 10,0% y el 11,7%) y aquellos granos con pesos comprendidos entre 50 g y 100 g poseen contenido de cáscara entre el 12,0% y el 13,8%. **De Witt en 1953 (citado por Hardy en (1961))** también señaló una relación aproximada entre el peso del grano y el contenido de testa, siendo el Porcentaje de cascarilla o testa para los granos grandes de un 10% (con variaciones entre 11% y 12%); en los granos de menor tamaño y medianos rendirían porcentajes comprendido entre 12% y 16% de testa.

Por lo que en este estudio, la relación inversa peso/%de cascarilla o testa, señalada por los autores antes mencionados; no se cumple. En el **Cuadro 27**, se observa que mientras los valores de peso del grano son mayores, estos mostraron más porcentaje de cascarilla. Estos parámetros son de suma importancia para la industria, ya que el tostado de los granos por encima de temperaturas de 100 °C durante tiempos comprendidos de 20 a 40 min produce cierta migración de la manteca a la cáscara generando pérdidas de ésta última al descartarse la cáscara o testa.

El análisis de varianza para las propiedades físicas promedio en el cacao reveló que si existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre: clones y variedad de cacao, propiedades físicas y almacenamiento de mazorca; y entre las interacciones de: clones y variedad de cacao por propiedades físicas, clones y variedad de cacao por almacenamiento de mazorca, propiedades físicas por almacenamiento de mazorca; y clones y variedad de cacao por propiedades físicas por almacenamiento de mazorca. (**Ver Anexo 25**).



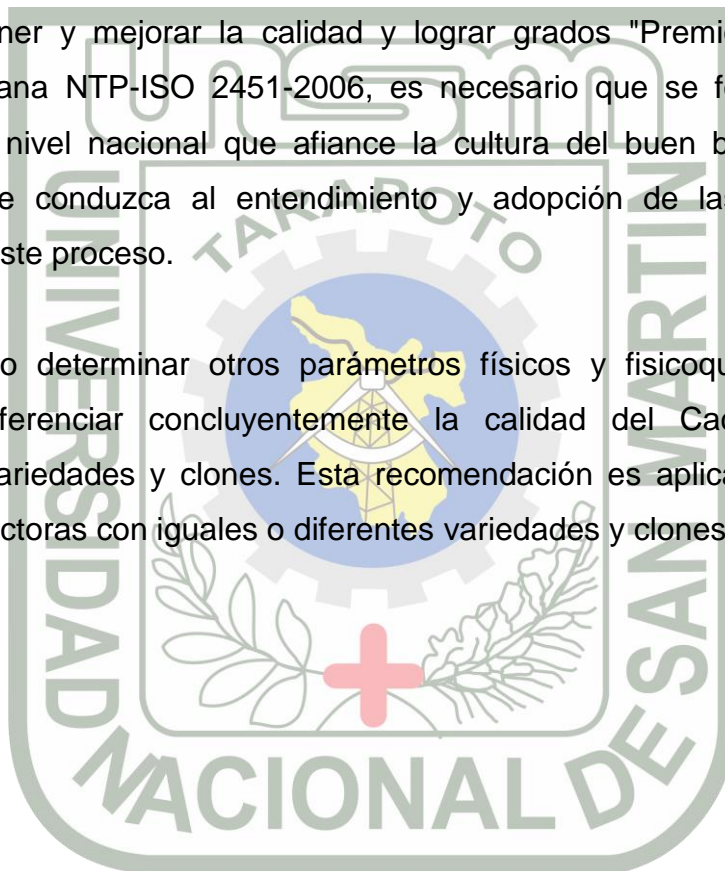
## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1.- CONCLUSIONES

- ✓ Los parámetros obtenidos fueron: tiempo de fermentación 5 días, tiempo de secado 7 días; porcentaje de fermentación 70 a 80%, peso del grano > 120 gr. (granos grandes), contenido de humedad de 7 a 8%, pH 5.5, acidez < 1%, sólidos solubles 15%.
- ✓ El almacenamiento de mazorca de cero días (AM0), es el más adecuado para el beneficio del cacao, y el clon ICS 95 presentó mejor comportamiento durante el proceso de fermentación y secado.
- ✓ Las características físicas no variaron significativamente, en cambio las fisicoquímicas difirieron a un nivel de probabilidad del 5% entre los clones y el cacao criollo, almacenamiento de la mazorca y tiempo de fermentación y secado, los cuales influyeron sobre la temperatura, humedad, la acidez total, pH, sólidos solubles.
- ✓ En general, todos los clones y la variedad de cacao evaluados bajo la metodología propuesta cumplieron con las normas exigidas para el mercado nacional, ubicándose entre los niveles altos de evaluación basados en las variables de índice de grano y porcentaje de buena fermentación, según la norma del INDECOPI: Norma NTP- ISO 2451: 2006.
- ✓ El proceso de beneficio o acondicionamiento de las almendras de cacao es un eslabón de la cadena agroindustrial ubicada entre la producción primaria de la materia prima y su transformación industrial y consiste en operaciones sucesivas de fermentación, secado, clasificación y envasado del grano.

## 5.2.- RECOMENDACIONES

- ✓ Para mantener y mejorar la calidad y lograr grados "Premio" según la norma peruana NTP-ISO 2451-2006, es necesario que se fomente una campaña a nivel nacional que afiance la cultura del buen beneficio del grano y que conduzca al entendimiento y adopción de las diferentes labores de este proceso.
- ✓ Es necesario determinar otros parámetros físicos y fisicoquímicos que permitan diferenciar concluyentemente la calidad del Cacao en las diferentes variedades y clones. Esta recomendación es aplicable a otras zonas productoras con iguales o diferentes variedades y clones.



## VI.- BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R., et al. (2001). Estudio de algunas características físicas y químicas de la grasa de los cotiledones de tres tipos de cacao de la localidad de Cumboto [On Line] DIALNET, Ecuador.

([http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002192X2002000300005&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002192X2002000300005&lng=en&nrm=iso&tlng=es) PDF, 04 Jun. 2004)

ÁLVAREZ, CLÍMACO. (1997). Estudio comparativo de las características físicas y químicas de genotipos criollos e híbridos de cacao (*Theobroma Cacao L.*) de cuatro zonas del estado Aragua. [On Line] Tesis de Maestría I.T.A. – U.C.V, Ginebra.

(<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2793313> PDF, Enero 2002)

ANECACAO: ASOCIACION NACIONAL DE EXPORTADORES DE CACAO. ECUADOR, (2009). [On Line] Ecuador (<http://www.anecacao.com.ec>).

BAREL, H. 1987. Délai d' écabossage. Influence sur les rendements et la qualité du cacao marchand et du cacao torréfié. [On Line] Ginebra. (<http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/65.PDF> 1998)

BEKELE, F., et al (1994). Numerical taxonomic studies on cacao (*Theobroma cacao L*) in Trinidad. Euphytica. [On Line] Ginebra. (<http://www.redcacao.info.ve/memorias/pdf/40.PDF> 1995)

BIEHL, et al. (1985). Acidification, proteolysis and flavour potential in fermenting cocoa beans. [On Line] Ecuador.

([http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia+Tropical/at5901/pdf/bertorelli\\_l2.PDF](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia+Tropical/at5901/pdf/bertorelli_l2.PDF) Agosto 1998)

BRAUDEAU, J. (1970). El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, España, Editorial. Blume, 1º Edición, pág. 78.

BRITO, E., GARCIA, N., GALLAO, M., CORTELAZZO, A., FEVEREIRO, P., y BRAGA, M. (2000). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma*

cacao L) during fermentation, drying and roasting. [On Line] SCIELO, Ecuador. (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v51n2/art01.PDF> Junio 2008)

CROS, E. and N. JEANJEAN. (1995). Cocoa quality: effect of fermentation and drying. Plantations, recherche, développement. [On Line]. SCIELO, Venezuela. (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)

CROS, E. (2000). Factores condicionantes de la calidad del cacao. In: Memorias del I Congreso del cacao y su industria, Maracay, estado Aragua. [On Line] SCIELO, Venezuela. (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2002)

COLLAZOS, Q. et al. (1975). La Composición de los alimentos peruanos. Lima - Perú, Editorial del Ministerio de Salud, 3º Edición, pág. 35.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. COVENIN. (1978). Caracas. Venezuela. Norma venezolana N°442. Prueba de corte. Ministerio de Fomento.

COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. COVENIN. (1998). Caracas. Venezuela. Norma Venezolana N° 50. Clasificación de lotes de granos de cacao de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos. Ministerio de Fomento.

CONTRERAS, C., L. ORTIZ DE BERTORELLI, L. GRAZIANI DE FARIÑAS Y P. PARRA. (2004). Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. [On Line]. SCIELO, Venezuela. (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Abril 2001)

CONTRERAS, C., et al. (2004). Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, [On Line]. SCIELO, Venezuela. (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2001)



CORPAICA. (2001). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. [On Line]. Colombia. (<http://www.corpaica.com.col>)

DIAS, J. E M. AVILA. (1993). Influência do período de póscolheita do fruto, sistema de revolvimento da massa e tempo de fermentação sobre a acidez do cacau. [On Line]. CTIE, Venezuela. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3264E/A3264E00.PDF> Octubre 2004)

DOUGAN, J. (1981). Methods for monitoring degree of aeration and the production and dissimilation of alcohol, acetic and lactic acids during cocoa fermentation. 8th International Cocoa Research Conference. Cartagena, Colombia.

ENRÍQUEZ, G. A. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. [On Line] Turrialba, Costa Rica. ([http://www.curso\\_sobre\\_el\\_cultivo\\_del\\_cacao - Google Libros.mht](http://www.curso_sobre_el_cultivo_del_cacao-Google_Libros.mht))

ENRÍQUEZ, G. y J. SORIA. (1966). Estudio de la variabilidad de varias características de las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.). [On Line]. Fitotecnia Latinoamericana, Venezuela. (<http://www.fedecacao.com.co/cw/ca/doctecnicos/fedecacao-dt-beneficio-caracteristicas-fisicoquimicas-cacao.PDF> Febrero 2001)

ENRÍQUEZ, G. and J. SORIA. (1968). The variability of certain bean characteristics of cacao (*Theobroma cacao* L.). [On Line]. Fitotecnia Latinoamericana, Venezuela. (<http://www.fedecacao.com.co/cw/ca/doctecnicos/fedecacao-dt-beneficio-caracteristicas-fisicoquimicas-cacao.PDF> Marzo 2001).

ENRÍQUEZ, G. A. y J. SORIA. (1981). Internacional cacao cultivar catalogue. Technical Bulletin No 6. Turrialba. [On Line]. CATIE Turrialba, Costa Rica. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Enero 2002).

FAO (2009), Organización de las Naciones Unidas. [On Line] Estados Unidos (<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es>)

GHOSH, B. AND J. CUNHA. (1975). Effect of season on sun drying of cocoa beans in Brazil. [On Line] CATIE Turrialba, Costa Rica. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Febrero 2002).

GONZÁLEZ, F., et al. (1999). Influencia del índice de cosecha de la mazorca sobre algunas características de la grasa de dos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) [On Line]. CATIE Turrialba, Costa Rica. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Enero 2002).

GRAMACHO, P. I. (1992). Cultivo e beneficiamento do cacauna Bahia. [On Line] SCIELO, Brasil. (<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF enero 2000)

GRAMACHO, P. I., MAGNO, A. E., MANDARINO, P. A., MATUS, A., (1992). Cultivo e beneficiamento do cacauna Bahia. [On Line]. SCIELO, Brasil. (<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF Octubre 2005)

GRAZIANI DE FARIÑAS, L., et al. (2002). Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacaos sobre algunas características químicas durante la fermentación. [On Line]. SCIELO, Ecuador. (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Junio 2003)

GRAZIANI DE FARIÑAS, L., et al. (2003). Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. [On Line]. SCIELO, Ecuador. (<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF Agosto 2004)

GRAZIANI DE FARIÑAS, L., et al. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. [On Line]. SCIELO, Ecuador.

(<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF Octubre 2004).

HARDY, F. (1961). Manual del Cacao. IICA – [On Line]. CATIE Turrialba, Costa Rica. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3165E/A3165E00.PDF> Diciembre 2002)

ICCO. (2006). A study on the Market for organic cocoa, Executive Committee, One hundred and thirtieth meeting, London, September (2006).

ICT (2004), Instituto de Cultivos Tropicales, Revista Informativa. [On Line] Perú. (<http://www.ict-peru.org>)

INDECOPI. (2006), Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. “Normas técnicas peruanas sobre granos de cacao” [On Line] Perú.

([http://bvirtual.indecopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod\\_user=wwwcircu&key\\_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&nreg=200&lang=%24&idioma=all&boolean=cacao&trunca=%24&conect1=\\*&boolean2=&trunca=%24](http://bvirtual.indecopi.gob.pe/wcircu/query.exe?cod_user=wwwcircu&key_user=wwwcircu&base=02&periodo=1&fmt=01&nreg=200&lang=%24&idioma=all&boolean=cacao&trunca=%24&conect1=*&boolean2=&trunca=%24))

INIA. (2009), Instituto Nacional de Innovación Agraria, Revista informativa [On Line] Peru. (<http://www.inia.gob.pe/eeas/elporvenir>).

INIAP. (1993), Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. [On Line] Ecuador. (<http://www.iniap-ecuador.gov.ec/>)

JEANJEAN, N. (1995). Influence du genotype, de la fermentation et de la torrefaction sur le développement de l'arôme cacao. These de doctorat. Université Montpellier II. Montpellier- France.

JINAP, S. AND P. DIMICK. (1990). Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. [On Line]. SCIELO, Venezuela (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)

JINAP, S. AND MISNAWI. (2002). Effects of cocoa liquor roasting on polyphenol, hydrophobicity and antioxidant activity. 2nd International Meeting



on Free Radicals in Health and Disease: The role of oxidants and antioxidants in the regulation of chronic diseases. Istanbul, Turkey, May 8 – 12, 2002.

JINAP, S., J. THIEN and T. YAP. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. [On Line]. SCIELO, Venezuela (<http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v59n2/art01.PDF> Agosto 2000)

LEMUS, M. (1999). Efecto del mezclado de granos de diferentes tipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) sobre algunas características físicas y químicas en la fermentación. [On Line]. Universidad Central de Venezuela Maracaybo, Venezuela. (<http://www.fedecacao.com.co/cw/ca/doctecnicos/fedecacao-dt-beneficio-caracteristicas-fisicoquimicas-cacao.PDF> Noviembre 2002).

LÓPEZ, A. (1983). Factors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. *Revista Theobroma*.

LUNA, F., D. CROUZILLAT L. CIROU Y P. BUCHELI. (2002). Chemical Composition and Flavor of Ecuadorian Cocoa Liqueur. . [On Line]. Universidad Central de Venezuela Maracaibo, Venezuela. (<http://www.fedecacao.com.co/cw/ca/doctecnicos/fedecacao-dt-beneficio-caracteristicas-fisicoquimicas-cacao.PDF> Noviembre 2002).

MADRIZ, J.(1987). Estudio de la fermentación del cacao en Gavetes Rohan en tres fincas de la zona Atlántica de Costa Rica. Informe Técnico.

MANUAL DE PRODUCTOS BÁSICOS. (1991), Universidad de Ginebra: Cacao fino de aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial. Centro de comercio interno. UNCTAD/ GATT, Ginebra.

MEYER, B, B. BIEHL, M. BIN SAID AND R. SAMARAKODDY. (1989). Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia.



MINISTERIO DE AGRICULTURA, Oficina de Investigación Agraria (2009) [On Line]. Perú. ([http:// http://www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe))

MISNAWI, JINAP, S., JAMILAH, B. AND NAZAMID, S. (2004). Polyphenol changes during fermentation and their impacts on astringency and bitterness of cocoa bean. ASEAN.

MORENO, L. Y SÁNCHEZ, J. A. (1991). Beneficio del cacao. Fundación hondureña para la investigación agrícola.

NOGALES, J., et al. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. [On Line]. SCIELO, Ecuador. (<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF Septiembre 2004)

ONU (2010), Organización de las Naciones Unidas. [On Line] Estados Unidos (<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=291&lang=es>)

PAEZ, G. (1937). Evaluación de cuatro métodos de polinización artificial en cacao. [On Line]. SCIELO, Ecuador. (<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF Diciembre 2000)

PETTIPHER, G. L. (1986). Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardized artificial cocoa pulp medium. [On Line]. SCIELO, Ecuador. (<http://www2.bvs.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2002000300006&script=sciarttext> PDF Septiembre 2004)

PORTILLO, E. (2000). Influencia de la fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. [On Line]. Tesis de Maestría. Maracaybo, Venezuela. ([http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio\\_septiembre2007/v24n3ac8a2007.PDF](http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio_septiembre2007/v24n3ac8a2007.PDF) Septiembre 2007)

PORTILLO, E., E. MARTÍNEZ, F. ARAUJO, R. PARRA Y D. ESPARZA. (1995). Diagnóstico técnico agronómico para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ).

POWELL, B. D. (1981). Calidad de las almendras de cacao. Necesidades del fabricante. El Cacaotero Colombiano.

PUZIAH, H., S. JINAP, M. KHARIDAH AND A. ASBI. (1998). Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation.

RODRÍGUEZ, Y. y A. ROJAS. (2000). Efecto del secado solar sobre algunas características físicas y químicas de almendras sin fermentar y fermentadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo y forastero. [On Line] Universidad Central de Venezuela, Trabajo de Grado, Maracaibo, Venezuela.

(<http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio2007/v24n3ac8a2007.PDF>  
Septiembre 2008)

ROHAN, T. (1964), El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.

SAMAH, O. A., M. FARED PUTIH and J. SELAMAT. (1992). Biochemical changes during fermentation of cocoa beans inoculated with *Saccharomyces cerevisiae* (Wild strain).

SAMAH, O. A, N. IBRAHIM, H. ALIMON and M. ABDUL KARIM. (1993). Fermentation studies of stored cocoa beans.

SÁNCHEZ, P. (1995). Caracterización del sistema de producción de cacao (*Theobroma cacao* L). Estación experimental de Caucagua, Edo. Miranda.

SÁNCHEZ, H. P. A., et al. (1996). Caracterización y establecimiento de un banco de germoplasma de cacao criollo en el litoral Aragueño. Informe Final.

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental de Caucagua, Edo. Miranda.

SCHWAN, R., et al. (1990). Influencia de frecuencia e intervalos de revolvimientos sobre a fermentacao e qualidade do chocolate.

SENANAYAKE, M., E. JANSZ and K. BUCKLE. (1997). Effect of different mixing intervals on the fermentation of cocoa beans. [On Line] Universidad Central de Venezuela, Trabajo de Grado Maracaybo, Venezuela. <http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/julio2007/v24n3ac8a2007.PDF> (Septiembre 2008)

STEVENSON, C., J. CORVEN Y G. VILLANUEVA. (1993). Manual para el análisis de cacao en el laboratorio. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. Red regional de generación y transferencia de tecnología en cacao. San José de Costa Rica.

TESTA, G. (1996). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha, y el desgrane sobre algunas características físicas y químicas del fruto de dos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). [On Line] Universidad Central de Venezuela, Trabajo de Grado, Maracaibo, Venezuela. (<http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/agosto2007/v24n3ac8a2007.PDF>) (Septiembre 2008)

TOMLINS, K. D. BAKER, P. DAPLIN and ADOMAKO. (1993). Effect offermentation and drying practices in the chemical and physical profiles of Ghana cocoa.

TORRES, O. (2000). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane sobre algunas características físicas y químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) durante la fermentación. [On Line] Universidad Central de Venezuela. ( <http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/agosto2006>)

TORRES O, L. GRAZIANI DE FARIÑAS, L. ORTIZ DE BERTORELLI Y A. TRUJILLO. (2004). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el

desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. [On Line] Universidad Central de Venezuela, Trabajo de Grado Maracaybo, Venezuela. (<http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/febrero2005/v42n3ac9a2006.PDF> julio2006)

VARGAS, V., J. SOTO Y G. ENRÍQUEZ. (1989). Métodos de fermentación de cacao para pequeños productores en seis localidades de Costa Rica. Pruebas de calidad. Memoria. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica.

VARGAS, V. (1989). Comparación de pequeñas cantidades (25, 37,5 Y 50 Kg) de cacao *Theobroma cacao* L. en tres diferentes altitudes de Costa Rica. Memoria. Seminario regional sobre tecnología post cosecha y calidad mejorada del cacao. 20-21 julio. Turrialba. Costa Rica.

WHITNEY, H. (2001). Métodos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.). [On Line] ([http://www.scielo.org.ve/phpS0378&script\\_PDF](http://www.scielo.org.ve/phpS0378&script_PDF) febrero 2003)

YUSEP, I., JINAP, S., JAMILAH, B. Y NAZAMID, S. (2002). Influence of carboxypeptidases on free amino acid, peptide and methylpyrazine contents of Ander - fermented cocoa beans.



VII.- ANEXOS

**Anexo 1:** Temperaturas obtenidas en la masa de cacao durante el tiempo de fermentación por el almacenamiento de la mazorca (0 días)

Clones y variedad de cacao	Temperatura (°C)					
	Tiempo de fermentación (días) por el almacenamiento de la mazorca (0 días)					
	0	1	2	3	4	5
	AM: 0	AM: 0	AM: 0	AM: 0	AM: 0	AM: 0
Clon THS 565	29	33	38	37.7	33.5	30
Clon CCN 51	28	34	37.5	37.3	33.8	29
Clon UF 613	27	33.7	38.8	38	34	28.4
Clon ICS 95	28.5	35	37.8	36.9	33.7	29
Clon ICS 1	29.5	34	38	37.6	34.7	30.2
Clon IMC 67	29	35.4	39.6	38.7	35.4	31.3
Cacao Criollo	28	33.9	40.7	39.7	34.8	29.2

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 2:** Temperaturas obtenidas en la masa de cacao durante el tiempo de fermentación por el almacenamiento de la mazorca (3 días)

Clones y variedad de cacao	Temperatura (°C)					
	Tiempo de fermentación (días) por el almacenamiento de la mazorca (3 días)					
	0	1	2	3	4	5
	AM: 3	AM: 3	AM: 3	AM: 3	AM: 3	AM: 3
Clon THS 565	28	32	39	45	38	31
Clon CCN 51	29	33.5	38	44	36	30
Clon UF 613	29.4	35	40	46	37	30.6
Clon ICS 95	29	36	38	45	36	30.3
Clon ICS 1	28	33.8	39	44	35.8	29.3
Clon IMC 67	30	36	41	48	37	30.4
Cacao Criollo	29	35	39.3	47	38	30.4

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 3:** Variación del contenido de humedad en la pulpa + testa durante el tiempo de fermentación

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	% Humedad		
		Días		
		1	3	5
THS 565	0	76.45	78.99	74.16
	3	77.07	79.3	72.82
CCN 51	0	74.82	77.46	74.41
	3	75.12	77.45	72.75
UF 613	0	75.79	76.96	73.3
	3	75.9	78.65	72.4
ICS 95	0	74.92	75.83	72.92
	3	75.26	78.38	73.95
ICS 1	0	73.3	76.5	72.75
	3	74.15	78.36	72.48
IMC 67	0	72.85	76.81	71.56
	3	73.65	79.15	73.67
Cacao Criollo	0	73.45	77.47	72.34
	3	74.37	79.54	71.89

**Anexo 4:** Variación del contenido de humedad en el cotiledón durante el tiempo de fermentación

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	% Humedad		
		Días		
		1	3	5
THS 565	0	35.84	37.56	42.69
	3	32.45	35.76	38.92
CCN 51	0	37.8	41.79	44.52
	3	36.51	40.56	45.12
UF 613	0	36.25	39.35	43.68
	3	35.38	39.94	44.26
ICS 95	0	35.66	38.93	42.44
	3	33.66	39.42	44.71
ICS 1	0	34.53	37.25	41.78
	3	34.24	38.82	45.23
IMC 67	0	35.06	39.25	41.81
	3	34.95	38.67	43.87
Cacao Criollo	0	37.25	38.47	40.67
	3	35.97	41.54	45.07

**Anexo 5:** Variación de pH durante el tiempo de fermentación

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	pH					
		Días					
		0	1	2	3	4	5
THS 565	0	6.25	6.05	5.85	5.75	5.15	5.35
	3	6.18	5.95	5.65	5.35	5.5	6.24
CCN 51	0	6.54	6.15	5.9	5.78	5.28	5.41
	3	6.34	6.08	5.78	5.51	5.75	6.14
UF 613	0	5.89	5.48	5.3	5.12	5.02	5.23
	3	5.73	5.4	5.33	5.18	5.54	5.78
ICS 95	0	5.77	5.35	5.2	5.11	5.04	5.22
	3	5.68	5.49	5.31	5.18	5.65	5.95
ICS 1	0	6.19	6.02	5.65	5.45	5.13	5.38
	3	5.65	5.48	5.31	5.23	5.41	5.75
IMC 67	0	5.84	5.7	5.58	5.39	5.16	5.34
	3	5.79	5.58	5.31	5.18	5.4	5.85
Cacao Criollo	0	6.09	5.79	5.59	5.38	5.1	5.41
	3	5.9	5.76	5.54	5.27	5.59	5.93

**Anexo 6:** Variación de la acidez durante el tiempo de fermentación

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	% de Acidez					
		Días					
		0	1	2	3	4	5
THS 565	0	0.59	0.75	1.02	1.25	1.15	1.09
	3	0.67	0.83	1.13	1.01	0.99	0.85
CCN 51	0	0.55	0.89	1.05	1.12	0.76	0.59
	3	0.38	0.86	1.39	1.26	1.15	1.01
UF 613	0	0.79	0.88	1.03	1.18	1.09	0.99
	3	0.62	0.79	1.08	0.98	0.87	0.79
ICS 95	0	0.28	0.42	0.68	1.01	0.89	0.67
	3	0.55	0.78	1.2	1.15	1.12	1.06
ICS 1	0	0.69	0.87	1.08	1.21	1.14	1.02
	3	0.85	0.99	1.26	1.15	1.1	1.07
IMC 67	0	0.71	0.97	1.08	1.19	1.04	0.95
	3	0.89	1.07	1.28	1.17	1.13	1.04
Cacao Criollo	0	0.45	0.89	0.93	1.18	1.04	0.95
	3	0.55	0.75	1.35	1.15	1.03	0.98

**Anexo 7:** Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante el tiempo de fermentación

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	Sólidos solubles (°Brix)					
		Días					
		0	1	2	3	4	5
THS 565	0	14.48	14.21	13.96	13.84	13.24	12.81
	3	17.52	17.1	16.88	16.42	16.02	15.78
CCN 51	0	13.24	13	12.76	12.21	11.99	11.54
	3	15.25	15.03	14.82	14.63	14.33	14.07
UF 613	0	19.89	19.61	19.37	19.1	18.86	18.61
	3	21.35	21.01	20.87	20.58	20.17	19.97
ICS 95	0	17.91	17.75	17.18	16.89	16.57	16.07
	3	18.87	18.58	18.12	17.86	17.49	17.03
ICS 1	0	15.87	15.48	15.17	16.89	16.57	16.22
	3	18.78	18.43	18.12	17.85	17.67	17.21
IMC 67	0	13.86	13.64	13.38	12.87	12.69	12.43
	3	16.56	16.14	15.83	15.49	15.13	14.81
Cacao Criollo	0	17.52	17.12	16.78	16.34	16.08	15.86
	3	22.26	22.02	21.84	21.59	21.14	20.86

**Anexo 8:** Variación de la humedad en la masa total del fermentado durante el tiempo de secado al sol

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	% Humedad						
		Días						
		0	1	2	3	4	5	6
THS 565	0	58.26	42.35	35.51	25.15	20.57	16.43	7.95
	3	55.91	40.91	33.74	24.68	19.58	15.12	7.55
CCN 51	0	59.15	44.61	36.23	26.53	22.46	17.24	8.24
	3	54.43	41.32	33.65	25.84	20.28	15.57	7.91
UF 613	0	57.41	42.64	36.07	26.87	21.18	16.22	8.05
	3	54.2	40.87	32.83	24.88	19.98	15.48	7.47
ICS 95	0	56.55	42.52	31.99	23.42	18.38	14.87	7.51
	3	55.46	41.03	32.88	24.78	19.08	15.41	7.84
ICS 1	0	59.04	45.25	34.76	26.41	20.15	16.88	8.31
	3	57.68	43.53	33.47	25.27	20.97	15.79	7.82
IMC 67	0	58.49	44.36	32.97	26.85	21.05	16.11	7.57
	3	56.28	42.99	31.77	25.67	20.51	15.08	7.71
Cacao Criollo	0	58.99	45.08	33.56	26.48	21.22	16.19	8.07
	3	56.21	43.57	32.44	25.09	20.4	15.42	7.68



**Anexo 9:** Variación de pH durante el tiempo de secado al sol

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	pH						
		Días						
		0	1	2	3	4	5	6
THS 565	0	5.4	5.55	5.85	5.98	5.67	5.54	5.32
	3	6.35	6.42	6.54	6.3	6.21	5.85	5.65
CCN 51	0	5.55	5.61	5.78	5.84	5.59	5.39	5.28
	3	6.22	6.38	6.47	6.1	5.91	5.74	5.48
UF 613	0	5.38	5.44	5.57	5.39	5.27	5.18	5.1
	3	5.8	5.91	5.72	5.59	5.38	5.22	5.15
ICS 95	0	5.37	5.41	5.53	5.39	5.25	5.17	5.09
	3	6.01	6.12	6.15	5.88	5.66	5.48	5.32
ICS 1	0	5.42	5.54	5.67	5.45	5.39	5.21	5.13
	3	5.98	6.08	6.14	5.82	5.69	5.47	5.34
IMC 67	0	5.45	5.61	5.78	5.59	5.41	5.29	5.11
	3	6.08	6.17	6.22	5.98	5.75	5.56	5.39
Cacao Criollo	0	5.58	5.71	5.83	5.6	5.49	5.3	5.37
	3	5.99	6.13	6.24	5.85	5.62	5.52	5.41

**Anexo 10:** Variación de la acidez durante el tiempo de secado al sol

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	% de Acidez						
		Días						
		0	1	2	3	4	5	6
THS 565	0	1.32	1.3	1.28	1.23	1.2	1.17	1.1
	3	1.28	1.26	1.23	1.15	1.1	1.07	0.97
CCN 51	0	1.25	1.23	1.2	1.17	1.12	1.09	1.02
	3	1.2	1.2	1.17	1.12	1.1	1.05	1
UF 613	0	1.35	1.33	1.31	1.26	1.21	1.15	1.07
	3	1.24	1.21	1.18	1.11	1.1	1.07	0.98
ICS 95	0	1.33	1.3	1.28	1.22	1.17	1.12	1.06
	3	1.26	1.24	1.24	1.16	1.12	1.08	0.96
ICS 1	0	1.23	1.2	1.18	1.15	1.12	1.05	0.97
	3	1.18	1.16	1.14	1.09	1.05	1	0.95
IMC 67	0	1.32	1.3	1.28	1.25	1.18	1.11	1.04
	3	1.27	1.24	1.21	1.16	1.1	1.03	0.97
Cacao Criollo	0	1.31	1.29	1.26	1.2	1.16	1.11	1.05
	3	1.29	1.26	1.22	1.16	1.12	1.07	0.99

**Anexo 11:** Variación de los sólidos solubles (°Brix) durante el tiempo de secado al sol

Clones y variedad de cacao	Almacenamiento de la mazorca (días)	Sólidos solubles (°Brix)						
		Días						
		0	1	2	3	4	5	6
THS 565	0	10.58	10.22	10.09	9.86	9.57	9.18	9.02
	3	13.57	13.11	12.89	12.61	12.23	12.08	11.93
CCN 51	0	11.34	11.06	10.94	10.73	10.34	10.14	10.03
	3	14.86	14.41	14.11	13.97	13.65	13.26	13.05
UF 613	0	16.23	16.01	15.85	15.52	15.19	15.03	14.96
	3	17.81	17.46	17.19	17.08	16.94	16.58	16.26
ICS 95	0	15.21	15.09	14.87	14.53	14.22	14.06	13.91
	3	16.45	16.12	15.93	15.64	15.31	15.1	14.98
ICS 1	0	13.55	13.14	12.96	12.59	12.25	12.04	11.87
	3	15.38	15.13	14.94	14.65	14.26	14.09	13.91
IMC 67	0	11.42	11.18	11.04	10.89	10.61	10.27	10.08
	3	14.27	14.07	13.87	13.54	13.27	13	12.94
Cacao Criollo	0	15.48	15.17	14.99	14.68	14.47	14.19	14.02
	3	18.56	18.16	17.88	17.57	17.23	17.07	16.93

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 12:** Índices físicos del grano de cacao fermentado y secado al sol

Almacenamiento de la mazorca (días)	Clones y variedad de cacao	% de Índices físicos				
		Pizarrosos	Múltiples	Violáceos	Negros	Fermentados
0	THS 565	5	5	10	5	75
3		4	3	12	8	73
0	CCN 51	3	2	14	6	75
3		5	4	13	8	70
0	UF 613	2	2	10	3	83
3		4	3	14	6	73
0	ICS 95	3	2	11	4	80
3		5	1	13	6	75
0	ICS 1	3	2	12	5	78
3		2	2	14	8	74
0	IMC 67	4	3	13	5	75
3		3	2	15	7	73
0	Criollo	6	5	13	2	74
3		4	3	14	6	73

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 13:** Propiedades físicas de las almendras de cacao fermentadas y secas

Almacenamiento de la mazorca (días)	Clones y variedad de cacao	Peso del grano (g)	Porcentaje de cascavilla (%)
0	THS 565	135	13.25
3		128	12.78
0	CCN 51	142	14.85
3		134	13.98
0	UF 613	140	13.75
3		132	12.36
0	ICS 95	138	13.38
3		131	12.59
0	ICS 1	140	13.25
3		132	11.34
0	IMC 67	130	13.1
3		125	12.81
0	Criollo	128	14.36
3		120	13.57

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 14:** Análisis de varianza de la temperatura en la masa de cacao durante el tiempo de fermentación.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	69	178.87	2.59	0.0004	NS
T: clones y variedad	6	9.91	1.65	1.28	*
F: tiempo de fermentación	4	380.99	95.25	1.02	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	1964.49	1964.49	2.28	*
TF	24	768.83	32.03	0.005	NS
TAM	6	1576.65	262.77	0.04	NS
FAM	4	1888.67	472.17	0.07	NS
TFAM	24	60106.55	2504.44	0.35	NS
ERROR	138	981577.49	7112.88		
TOTAL	276	1037592.9			

Fuente: Elaboración Propia.

**Anexo 15:** Análisis de varianza del contenido de humedad en la pulpa + testa durante el tiempo de fermentación

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamiento	41	69.85	1.7	0.098	NS
T: clones y variedad	6	5.79	0.97	1.96	*
F: tiempo de fermentación	2	55.18	0	2.02	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	1.01	0	1.78	*
TF	12	113.85	9.49	0.05	NS
TAM	6	3.9	0.65	0.08	NS
FAM	2	3.28	1.64	0.96	NS
TFAM	12	158416.85	13201.4	0.53	NS
ERROR	82	2058088.8	25098.64		
TOTAL	164	2216758.5	13516.8203		

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 16:** Análisis de varianza del contenido de humedad en el cotiledón durante el tiempo de fermentación

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamiento	41	168.52	4.11	0.0006	NS
T: clones y variedad	6	18.72	3.12	1.59	*
F: tiempo de fermentación	2	134.35	0	1.62	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	346.24	0	1.98	*
TF	12	270.64	22.55	0.38	NS
TAM	6	353.34	58.89	0.89	NS
FAM	2	349.41	174.71	0.26	NS
TFAM	12	216479.52	18039.96	0.64	NS
ERROR	82	560643.41	6837.11		
TOTAL	164	778764.14			

Fuente: Elaboración Propia



**Anexo 17:** Análisis de varianza del pH durante el tiempo de fermentación

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	69	10.46	0.15	0.91	NS
T: clones y variedad	6	0.54	0.09	2.02	*
F: tiempo de fermentación	4	0.58	0.14	1.99	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	40.14	40.14	2.25	*
TF	24	1.29	0.05	0.38	NS
TAM	6	39.42	6.57	0.78	NS
FAM	4	39.43	9.86	0.98	NS
TFAM	24	1383.35	57.64	0.99	NS
ERROR	138	22756.1	164.9		
TOTAL	276	24012.42			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 18:** Análisis de varianza de acidez durante el tiempo de fermentación

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	69	0.4	0.01	0.001	NS
T: clones y variedad	6	0.09	0.02	1.02	*
F: tiempo de fermentación	4	1.25	0.31	1.32	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	1.59	1.59	1.41	*
TF	24	0.88	0.04	0.98	NS
TAM	6	1.23	0.2	0.41	NS
FAM	4	0.05	0.01	0.002	NS
TFAM	24	46.02	1.92	0.34	NS
ERROR	138	775.88	5.62		
TOTAL	276	817.48			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 19:** Análisis de varianza de los sólidos solubles durante el tiempo de fermentación

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	69	97.22	1.41	0.91	NS
T: clones y variedades	6	115.45	19.24	1.25	*
F: tiempo de fermentación	4	3.63	0.91	1.21	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	326.72	326.72	2.38	*
TF	24	8.14	0.34	0.72	NS
TAM	6	322.21	53.7	0.41	NS
FAM	4	293.21	73.3	0.52	NS
TFAM	24	12647.08	526.96	0.35	NS
ERROR	138	206958.08	1499.7		
TOTAL	276	218887.46			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 20:** Análisis de varianza del contenido de humedad durante el tiempo de secado

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamiento	97	8083.73	83.34	0.14	NS
T: clones y variedades	6	8.99	1.5	2	*
S: tiempo de secado	6	289.18	48.2	1.87	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	11.41	11.41	1.24	*
TS	36	8265.81	229.61	0.83	NS
TAM	6	26.81	4.47	0.7	NS
SAM	6	7703.61	1283.94	1	NS
TSAM	36	71397.82	1983.27	0.99	NS
ERROR	194	117267.95	604.47		
TOTAL	388	213055.53			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 21:** Análisis de varianza de pH durante el tiempo de secado

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	97	14.37	0.15	0.58	NS
T: clones y variedades	6	0.68	0.11	1.02	*
F: tiempo de fermentación	6	21.41	3.57	1.34	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	1.31	1.31	1.04	*
TF	36	23.12	0.64	0.98	NS
TAM	6	2.73	0.46	0.78	NS
FAM	6	16.96	2.83	0.66	NS
TFAM	36	2127.05	59.08	0.89	NS
ERROR	194	8389.66	43.25		
TOTAL	388	10563.37			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 22:** Análisis de varianza de la acidez durante el tiempo de secado

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	97	0.68	0.01	0.42	NS
T: clones y variedad	6	0.03	0.005	0.99	*
F: tiempo de fermentación	6	0.83	0.14	1.02	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	0.03	0.03	0.95	*
TF	36	1.09	0.03	0.02	NS
TAM	6	0.07	0.01	0.01	NS
FAM	6	0.51	0.08	0.05	NS
TFAM	36	90.06	2.5	1.38	NS
ERROR	194	351.96	1.81		
TOTAL	388	444.25			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 23:** Análisis de varianza de los sólidos solubles durante el tiempo de secado

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	97	231.58	239.1	0.84	NS
T: clones y variedad	6	116.93	91.49	1.52	*
F: tiempo de fermentación	6	232.52	82.71	1.34	*
AM: almacenamiento de mazorca	1	45.08	142.21	1.22	*
TF	36	240.92	69.5	0.02	NS
TAM	6	94.91	51.82	0.06	NS
FAM	6	133.99	22.33	0.08	NS
TFAM	36	13004.84	361.25	1.04	NS
ERROR	194	53471.52	275.63		
TOTAL	388	67304.32			

Fuente: Elaboración Propia

**Anexo 24:** Análisis de varianza de los índices físicos de las almendras de cacao

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamientos	69	16423.33	238.02	0.05	NS
T: clones y variedad	6	2333.33	388.89	0.09	NS
G: tipos de grano	4	17972.76	4493.19	1.03	NS
AM: almacenamiento de mazorca	1	210.9	210.9	0.05	NS
TG	24	33646.43	1401.93	0.32	NS
TAM	6	15462.77	2577.13	0.59	NS
GAM	4	178.61	44.65	0.01	NS
TGAM	24	70107.25	2921.14	0.67	NS
ERROR	138	602409.38	4365.29		
TOTAL	276	757965.75			

Fuente: Elaboración Propia



**Anexo 25:** Análisis de varianza de las propiedades físicas de las almendras de cacao

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Factor Calculado	Significancia
Tratamiento	27	82967.7	3072.88	0.015	NS
T: clones y variedad	6	49588.21	8264.7	0.042	NS
P: propiedades físicas	1	178529.19	178529.19	0.9	NS
AM: almacenamiento de mazorca	1	98225.98	98225.98	0.49	NS
TP	6	176985.17	28224.23	0.14	NS
TAM	6	98147.5	16236.1	0.08	NS
PAM	1	175987.45	175987.45	0.88	NS
TPAM	6	172153.36	226301.56	1.14	NS
ERROR	54	728678.3	198958.58		
TOTAL	108	427782.2			

Fuente: Elaboración Propia

Clones y variedad de cacao	Análisis fisicoquímico en el proceso de fermentación											
	Temperatura (°C)		Humedad (%)				Acidez (%)		pH		Sólidos solubles (°Brix)	
			Pulpa + testa		Cotiledón							
	Días											
0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	
THS 565	33.53 c	35.5 c	76.53 a	76.4 a	38.7 e	35.71 e	0.98 b	0.91 d	5.99 a	5.81 b	13.76 e	16.62 d
CCN 51	33.26 d	35.08 d	75.56 b	75.11 e	41.37 a	40.73 a	0.82 d	1.01 b	5.84 b	5.93 a	12.46 g	14.69 f
UF 613	33.32 d	36.33 b	75.35 c	75.65 c	39.76 b	39.86 b	0.99 b	0.86 e	5.34 e	5.49 e	19.24 a	20.66 b
ICS 95	33.48 c	35.72 c	74.56 d	75.86 b	39.01 c	39.26 d	0.66 e	0.98 c	5.28 e	5.54 d	17.07 b	18 c
ICS 1	34 b	34.98 d	74.18 e	75 f	37.85 d	39.43 c	1 a	1.07 b	5.64 c	5.47 e	16.03 d	18.01 c
IMC 67	34.9 a	37.07 a	73.44 f	75.49 d	38.71 e	39.16 d	0.99 b	1.1 a	5.5 d	5.52 d	13.15 f	15.66 e
Cacao Criollo	34.38 b	36.45 b	74.42 d	75.27 e	38.79 d	40.86 a	0.91 c	0.97 c	5.56 d	5.67 c	16.62 c	21.62 a

Fuente: Elaboración Propia

En cada tipo de cacao letras distintas en columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.



## Anexo 27: Prueba de Duncan para los análisis fisicoquímicos en el proceso de secado

Clones y variedad de cacao	Análisis fisicoquímico en el proceso de secado							
	Humedad (%)		Acidez (%)		pH		Sólidos solubles (°Brix)	
	Días							
	0	3	0	3	0	3	0	3
THS 565	29.46 e	28.21 d	1.23 a	1.15 a	5.62 a	6.19 a	9.79 e	12.63 g
CCN 51	30.64 a	28.43 c	1.15 d	1.12 b	5.58 b	6.04 b	10.65 d	13.9 e
UF 613	29.78 d	27.96 f	1.24 a	1.13 b	5.33 d	5.54 e	15.54 a	17.05 b
ICS 95	27.89 f	28.06 e	1.21 b	1.15 a	5.34 d	5.8 d	14.56 b	15.65 c
ICS 1	30.11 b	29.22 a	1.13 d	1.08 c	5.4 c	5.79 d	12.63 c	14.62 d
IMC 67	29.63 d	28.57 b	1.21 b	1.14 b	5.46 c	5.88 c	10.78 d	13.57 f
Cacao Criollo	29.94 c	28.69 b	1.2 c	1.16 a	5.55 b	5.82 c	14.64 b	17.63 a

Fuente: Elaboración Propia

En cada tipo de cacao letras distintas en columnas indican diferencias a un nivel de significación del 5%.

**Anexo 28:** Norma INDECOPI NTP- ISO 2451: 2006

Especificaciones de calidad de cacao en grano

**Calidad “FAIR FERMENTED”**

1. Tamaño: Máximo 80 granos en 100 gramos
2. Humedad : Máximo 7.5%
3. Defectos : Máximo 5% ( entre los siguientes)
  - Atacados por insectos
  - Enmohecidos
  - Partidos
  - Pasillas (flat beans)
  - Dobles y múltiples
  - Otros defectos
4. Granos pizarrosos : Máximo 5%
5. Granos violetas : Máximo 10%
6. Ausencia total de olores y sabores extraños
7. Acidez de la manteca de cacao (ffa) contenida en el grano:
  - Máximo 1%
  - Acidez expresada en ácido oleico
  - Método de análisis O.I.C.C.  
(OFICINA INTERNACIONAL DEL CACAO Y CHOCOLATE)

Fuente: INDECOPI (2006)



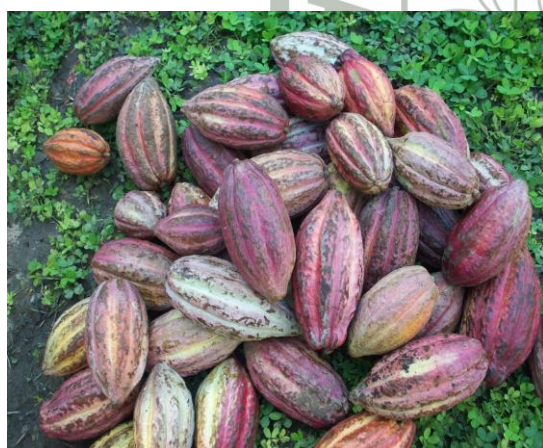
**Anexo 29:** Clones de cacao materia de estudio del presente trabajo de investigación



Criollo, IMC 67, CCN 51, UF 613



CCN 51



UF 613



ICS 95



IMC 67



TSH 565