

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**EVALUACIÓN DE NUEVOS MÉTODOS DE BENEFICIADO EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) HONDUREÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL CACAO DE EXPORTACIÓN**

**POR:**

**FRANCIS DANIELA MONCADA ROSALES**

**TESIS**



**CATACAMAS**

**OLANCHO**

**DICIEMBRE, 2013**

EVALUACIÓN DE NUEVOS MÉTODOS DE BENEFICIADO EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) HONDUREÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL CACAO DE EXPORTACIÓN.

POR:

**FRANCIS DANIELA MONCADA ROSALES**

**NORMAN LEONEL MERCADAL. M.Sc**

**Asesor Principal**

**TESIS**

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE LICENCIADA EN  
TECNOLOGIA ALIMENTARIA

**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS, C.A**

**DICIEMBRE, 2013**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

Catacamas, Olancho

**ACTA DE SUSTENTACIÓN**

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de la Práctica Profesional Supervisada certificamos que:

La estudiante **FRANCIS DANIELA MONCADA ROSALES** del IV Año de Tecnología Alimentaria presentó su informe intitulado:

**“EVALUACIÓN DE NUEVOS MÉTODOS DE BENEFICIADO EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) HONDUREÑO PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL CACAO DE EXPORTACIÓN”**

El cual a criterio de los evaluadores, **APROBÓ** el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de licenciatura en Tecnología Alimentaria.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, a los diez días del mes de Noviembre del año dos mil trece.

---

M.Sc. NORMAN LEONEL MERCADAL  
Asesor Principal

---

M.Sc. MARIO EDGARDO TALAVERA  
Asesor Auxiliar

---

Ph.D. CARLOS MANUEL ULLOA  
Asesor Auxiliar

---

M.Sc. HECTOR AGUILAR  
Asesor externo

## **DEDICATORIA**

Dedico el éxito de este trabajo al DIOS del cielo, verdadero y fiel, mi padre espiritual, el que me ayuda en todo momento, estoy tan agradecida con el que no podría expresar con palabras humanas lo que él es para mí, y puedo decir que gracias a él y a la fuerza que me da he vencido cualquier obstáculo con éxito, y lo seguiré haciendo, por eso te digo Dios te amo con las fuerzas de mi corazón y de mi alma.

En segundo lugar dedico este éxito a mi padre SANTOS FRANCISCO MONCADA por ser un excelente padre, para mí lo es todo, siempre esta con migo y con la ayuda de Dios ha formado mi carácter con muchos principios y valores cristianos que nunca olvidare y los transmitiré algún día a mi descendencia, me ha apoyado incondicionalmente con mucho amor y dedicación, gracias a él nunca me ha faltado nada, te amo mucho papá.

El segundo lugar lo tiene no solo mi padre si no tambien lo comparten dos personas ella es mi tía MARIA BETULIA GONZALES y a su esposo ya fallecido ALEJANDRO MARTINEZ, gracias tambien a mi primo Neldo y esposa, es por ellos que soy quien soy ahora, con ellos pase los mejores años de mi vida, y me cuidaron como padres y a la par de mi padre biológico hicieron de mí una persona de bien, con ganas de servir a mi país.

A mis hermanas porque con ellas he compartido toda mi vida, y me han apoyado mucho en cualquier circunstancia, las amo mucho y les deseó lo mejor de lo mejor a ellas y su familia.

Y para terminar dedico mi éxito a todos mis amigos, estoy muy agradecida con Dios por tenerlos así tal cual son, ellos así como todos han sido de mucho apoyo moral para mi vida, Dios les bendiga.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi padre celestial, a mi familia por todo su apoyo a lo largo de esta carrera, gracias por confiar en mí, me han ayudado mucho en cada momento de mi vida y sé que lo seguirán haciendo, mi padre Francisco, mi tía Betulia, a mi primo Neldo y su esposa, mi abuelo Benito, mis hermanas Mariela, Hady y Madelinne los tengo en mucho estima a todos, por su cariño y profundo amor hacia mí. Agradezco a todos mis amigos, gracias a ellos por darme su amistad y confianza, a mis dos casi hermanos Wilmer Abel Sanchez Dias y Leonel Jeremías Melchor, ya que ellos han sido una luz en mi camino, y hemos compartido desveladas, hambreadas, peleadas, buenas trabajadas, etc., también momentos divertidos y confortables que jamás olvidare, sobre todo las loqueras de Lempi (Melchor) y los chistes de Wilmer la verdad que ellos me hacen ser mejor personas cada día y me hacen saber lo bella que es la vida y lo lindo que es compartir con buenos amigos.

Agradezco a mi asesor externo y amigo el Ing. Héctor Aguilar, por su apoyo y buena enseñanza, Elsa Machado, por su atención hacia nosotros en todo el periodo de tesis, sé que ella va a lograr todo lo que se proponga por su gran inteligencia, esfuerzo y dedicación, al Dr. Víctor Gonzales, al Ing. Sanchez, que Dios me dio la oportunidad y el placer de conocerlo estaba muy pendiente de mi trabajo y me extendió su ayuda, lastimosamente no seguirá con nosotras pero se le reconoce su gran labor en FHIA, a las personas con las que convivimos en casa FHIA. También agradezco a mis asesores internos Mario Edgardo Talavera, Norman Leonel Mercadal, Carlos Manuel Ulloa ya que ellos apartan de su valioso tiempo y lo disponen a resolver nuestras inquietudes y ayudar a realizar un trabajo de calidad, son personas muy responsables y de los mejores maestros que he tenido, es por eso que los he elegido para que sean parte fundamental en mi trabajo, realmente les tengo mucho cariño y admiración por su desempeño, muchas gracias Dios les continúe bendiciendo.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	viii
<b>GLOSARIO</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II OBJETIVOS</b> .....	2
2.1 General .....	2
2.2 Específicos .....	2
<b>III REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
4.1 Importancia y niveles de producción de cacao en Honduras .....	3
4.2 Generalidades sobre la producción de cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) .....	4
4.2.1 Cacao criollo .....	5
4.2.2 Forastero .....	5
4.2.3 Cacao híbrido .....	5
4.3 Parámetros de cosecha y post-cosecha de cacao .....	7
4.4 Rendimiento de cacao .....	9
4.5 Humedad en grano .....	10
4.6 Presecado de cacao en baba (método Ecuador) .....	10
4.7 Fermentación .....	11
4.7.1 Fases de una buena fermentación .....	12
4.7.2 Lo que ocurre en una mala fermentación .....	13
4.7.3 Métodos de fermentación .....	14
4.7.4 Factores que influyen en la fermentación y en la calidad del sabor de cacao .....	16

4.8 Secado de granos fermentados.....	20
4.8.1 Métodos de secado de cacao.....	20
4.8.2 Limpieza y selección del cacao en grano.....	22
4.9 Formas de almacenamiento de cacao.....	23
4.10 Análisis físico.....	23
4.11 Análisis químico.....	26
4.12 Tostado de las almendras de cacao.....	27
4.13 Limpieza.....	28
4.14 Molienda.....	29
4.15 Catación.....	29
4.16 Elaboración de bombones de chocolate.....	29
4.17 Análisis sensorial de los bombones de chocolate.....	31
4.17.1 Los sabores más frecuentes que se pueden encontrar en una degustación en licores de cacao, son los siguientes:.....	31
<b>IV MATERIALES Y METODO.....</b>	<b>33</b>
5.1 Descripción del sitio de la investigación.....	33
5.2 Materiales y equipo.....	33
5.3 Método.....	33
5.4 Manejo del experimento.....	35
5.5 Variables evaluadas.....	41
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>43</b>
<b>VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>56</b>
<b>VI BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Precalentamiento de cacao orgánico y convencional .....	36
<b>Tabla 2.</b> Fermentación de cacao orgánico, convencional y protocolo FHIA. ....	37
<b>Tabla 3.</b> Análisis fisicoquímico de cacao orgánico, convencional y protocolo FHIA.....	38
<b>Tabla 4.</b> Microfermentaciones de cacao convencional .....	39
<b>Tabla 5.</b> Análisis fisicoquímico de microfermentaciones de cacao convencional.....	40

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Presecado de cacao orgánico y convencional.....	44
<b>Figura 2.</b> Fermentación de cacao pres. Convencional, pres. Orgánico y protocolo FHIA .....	45
<b>Figura 3.</b> Análisis fisicoquímico de cacao pres. Convencional, pres. Orgánico y protocolo FHIA .....	47
<b>Figura 4.</b> Separación por tamaño peso y defectos de 300 gramos de almendras de cacao. ....	48
<b>Figura 5.</b> Análisis de corte del cacao presecado convencional, presecado orgánico y protocolo FHIA (Porcentaje de fermentación). ....	50
<b>Figura 6.</b> Dimensiones de almendras seleccionadas en grupos de 10 de acuerdo al tamaño .....	51
<b>Figura 7.</b> Microfermentación de cacao convencional maduro y pintón.....	52
<b>Figura 8.</b> Microfermentación de cacao convencional maduro y pintón (análisis fisicoquímico).....	53
<b>Figura 9.</b> Análisis físico de cacao convencional maduro y pintón (variables de peso). ....	54
<b>Figura 10.</b> Análisis físico de cacao convencional maduro y pintón (dimensiones).....	55
<b>Figura 11.</b> Análisis físico de cacao convencional maduro y pintón (porcentajes de fermentación).....	55

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Madurez del fruto de cacao .....	68
<b>Anexo 2.</b> Cosecha de cacao .....	68
<b>Anexo 3.</b> Pre-almacenamiento de la mazorca .....	69
<b>Anexo 4.</b> Desgrane de mazorca .....	69
<b>Anexo 5.</b> Factores que afectan el sabor del cacao durante etapas del procesamiento .....	70
<b>Anexo 6.</b> Enfermedades en mazorca de cacao (mazorca negra) .....	71
<b>Anexo 7.</b> Control de calidad de los granos de cacao .....	71
<b>Anexo 10.</b> Análisis de la varianza Tiempo/hora del presecado.....	72
<b>Anexo 11.</b> Análisis de la varianza de la temperatura de la masa de cacao durante la fermentación (°C).....	72
<b>Anexo 12.</b> Análisis de la Varianza de la temperatura ambiente durante la fermentación (°C) ....	73
<b>Anexo 13.</b> Análisis de la varianza de la humedad .....	73
<b>Anexo 14.</b> Análisis de la varianza de la temperatura del cacao seco.....	73
<b>Anexo 15.</b> Análisis de la varianza del número de almendras en 100 gr .....	74
<b>Anexo 16.</b> Análisis de la varianza del índice de grano .....	74
<b>Anexo 17.</b> Análisis del Ph .....	74
<b>Anexo 18.</b> Análisis del peso de 100 almendras .....	74
<b>Anexo 19.</b> Análisis del peso del contenido de almendras grandes en 300gr .....	74
<b>Anexo 20.</b> Análisis del peso del contenido de almendras medianas en 300gr .....	75
<b>Anexo 21.</b> Análisis del peso del contenido de almendras pequeñas en 300gr .....	75
<b>Anexo 22.</b> Análisis del peso del contenido de almendras pequeñas en 300gr .....	75
<b>Anexo 23.</b> Análisis del peso del contenido de almendras vanas en 300gr.....	75
<b>Anexo 24.</b> Análisis del peso del contenido de almendras múltiples en 300gr .....	76
<b>Anexo 25.</b> Análisis del peso de diez almendras grandes .....	76
<b>Anexo 26.</b> Análisis del peso de diez almendras medianas .....	76

<b>Anexo 27.</b>	Análisis del peso de diez almendras pequeñas .....	76
<b>Anexo 28.</b>	Análisis del peso de 30 almendras (diez grandes, diez medianas y diez pequeñas)...	76
<b>Anexo 29.</b>	Análisis del peso de 30 cotiledones (diez grandes, diez medianos y diez pequeños).	77
<b>Anexo 30.</b>	Análisis del peso de la cáscara de 30 almendras (diez grandes, diez medianos y diez pequeños) .....	77
<b>Anexo 31.</b>	Análisis del porcentaje de almendras bien fermentadas .....	77
<b>Anexo 32.</b>	Análisis del porcentaje de almendras pizarrosas .....	77
<b>Anexo 33.</b>	Análisis del porcentaje de almendras parcialmente fermentadas .....	78
<b>Anexo 34.</b>	Análisis del porcentaje de almendras con moho.....	78
<b>Anexo 35.</b>	Análisis del largo de 10 almendras grandes (mm).....	78
<b>Anexo 36.</b>	Análisis del ancho de 10 almendras grandes (mm) .....	79
<b>Anexo 37.</b>	Análisis del grosor de 10 almendras grandes (mm).....	79
<b>Anexo 38.</b>	Análisis del largo de 10 almendras medianas (mm) .....	79
<b>Anexo 39.</b>	Análisis del ancho de 10 almendras medianas (mm).....	79
<b>Anexo 40.</b>	Análisis del grosor de 10 almendras medianas (mm) .....	80
<b>Anexo 41.</b>	Análisis del largo de 10 almendras pequeñas (mm) .....	80
<b>Anexo 42.</b>	Análisis del ancho de 10 almendras pequeñas (mm) .....	80
<b>Anexo 43.</b>	Análisis del ancho de 10 almendras pequeñas (mm) .....	80
<b>Anexo 44.</b>	Análisis de varianza del Tiempo de remoción/día.....	80
<b>Anexo 45.</b>	Análisis de varianza de la Temp. De la masa de cacao/°C.....	81
<b>Anexo 46.</b>	Análisis de varianza de la Temp. Ambiente/°C .....	81
<b>Anexo 47.</b>	Análisis de la varianza de la humedad .....	81
<b>Anexo 48.</b>	Análisis de la varianza de la temperatura del grano .....	81
<b>Anexo 49.</b>	Análisis de la varianza del número de almendras en 100 gr .....	81
<b>Anexo 50.</b>	Análisis de la varianza del índice de grano .....	82
<b>Anexo 51.</b>	Análisis de la varianza del Ph.....	82
<b>Anexo 52.</b>	Análisis de la varianza del peso de 100 almendras.....	82
<b>Anexo 53.</b>	Análisis de la varianza del peso de las almendras grandes de 300 gr.....	83
<b>Anexo 54.</b>	Análisis de la varianza del peso de las almendras medianas de 300 gr .....	83
<b>Anexo 55.</b>	Análisis de la varianza del peso de las almendras pequeñas de 300 gr .....	83
<b>Anexo 56.</b>	Análisis de la varianza del peso de las almendras pasas de 300 gr .....	83

<b>Anexo 57.</b>	Análisis de la varianza del peso de las almendras vanas de 300 gr .....	84
<b>Anexo 58.</b>	Análisis de la varianza del peso de las almendras múltiples de 300 gr .....	84
<b>Anexo 59.</b>	Análisis de la varianza del peso de diez almendras grandes .....	84
<b>Anexo 60.</b>	Análisis de la varianza del peso de diez almendras medianas.....	84
<b>Anexo 61.</b>	Análisis de la varianza del peso de diez almendras pequeñas .....	85
<b>Anexo 62.</b>	Análisis de la varianza del peso 30 almendras (grandes, medianas y pequeñas) .....	85
<b>Anexo 63.</b>	Análisis de la varianza del peso 30 cotiledones (grandes, medianas y pequeñas) .....	85
<b>Anexo 64.</b>	Análisis de la varianza del peso la cáscara de 30 almendras (grandes, medianas y pequeñas) .....	85
<b>Anexo 65.</b>	Análisis de la varianza del largo de diez almendras grandes (mm).....	85
<b>Anexo 66.</b>	Análisis de la varianza del ancho de diez almendras grandes (mm) .....	86
<b>Anexo 67.</b>	Análisis de la varianza del grosor de diez almendras grandes .....	86
<b>Anexo 68.</b>	Análisis de la varianza del largor de diez almendras medianas .....	86
<b>Anexo 69.</b>	Análisis de la varianza del ancho de diez almendras medianas .....	86
<b>Anexo 70.</b>	Análisis de la varianza del grosor de diez almendras medianas.....	87
<b>Anexo 71.</b>	Análisis de la varianza del largor de diez almendras pequeñas.....	87
<b>Anexo 72.</b>	Análisis de la varianza del ancho de diez almendras pequeñas.....	87
<b>Anexo 73.</b>	Análisis de la varianza del grosor de diez almendras pequeñas .....	87
<b>Anexo 74.</b>	Análisis de la varianza del porcentaje de almendras pizarrosas .....	88
<b>Anexo 75.</b>	Análisis de la varianza del porcentaje de almendras bien fermentadas .....	88
<b>Anexo 76.</b>	Análisis de la varianza del porcentaje de almendras bien fermentadas .....	88

## GLOSARIO

**Retailers:** Detallista, comerciante al por menor, expendedor, minorista, revendedor.

**PymeRural:** PYMERURAL es un programa del gobierno de Honduras y de la Cooperación Suiza, que se enmarca dentro de la estrategia de desarrollo del país (ERP), su objetivo es “Contribuir a la generación de empleo e ingresos para hombres y mujeres en zonas rurales”.

**PRONAGRO:** Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario

**Sacarosa:** Azúcar común refinado, obtenido a partir de la caña de azúcar o de la remolacha Azucarera. Es un disacárido compuesto por glucosa más una molécula de fructosa.

**Glucosa:** Azúcar simple que el cuerpo humano y otros seres vivos utilizan como fuente principal de energía para las células, se encuentra libre en las frutas. Químicamente es un monosacárido, soluble en agua con fórmula empírica  $C_6H_{12}O_6$

**Fructosa:** La fructosa, o levulosa, es una forma de azúcar encontrada en los vegetales, las frutas y la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura. Su poder energético es de 4 kilocalorías por cada gramo.

**Etanol:** El compuesto químico etanol, conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78,4 °C.

**Ácido acético:** El ácido acético es un líquido higroscópico, que solidifica a 16,6 °C, incoloro y de olor punzante (a vinagre). Es soluble en agua, etanol, éter, glicerina, acetona etc. Es insoluble en sulfuro de carbono. Se obtiene por oxidación, a partir de alcohol etílico.

**Ácidos grasos libres (AGL):** Son ácidos grasos que tienen un grupo ácido pero que no están unidos a un alcohol. Generalmente los ácidos grasos están unidos al glicerol formando triglicéridos y por lo tanto no se encuentran libres.

**Ocratoxinas:** Las ocratoxinas son un grupo de siete micotoxinas de las cuales la ocratoxina A es la más tóxica y, por lo tanto, es la que ha sido mejor estudiada. Son metabolitos de hongos de las especies *Aspergillus*, los cuales afectan principalmente las cosechas de maíz, sorgo, cebada, trigo, avena, café, soya y cacao.

**Hidrocarburos aromáticos y policíclicos (HAP):** los hidrocarburos aromáticos policíclicos son un grupo numeroso de sustancias que químicamente son derivados polímeros del benceno. Históricamente fueron los primeros agentes químicos en ser reconocidos como causantes de tumores malignos en humanos.

**Genotipos:** El genotipo se refiere a la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.1 normalmente el genoma de una especie incluye numerosas variaciones o polimorfismos en muchos de sus genes. El genotipo se usa para determinar qué variaciones específicas existen en el individuo.

**Pectina:** Las pectinas son un tipo de heteropolisacáridos. Una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados. Constituyen el 30 % del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. En presencia de agua forman geles.

**Ácido láctico:** El ácido láctico, o su forma ionizada, el lactato (del lat. lac, lactis, leche), también conocido por su nomenclatura oficial ácido 2-hidroxi-propanoico, es un compuesto químico que desempeña importantes roles en varios procesos bioquímicos, como la fermentación láctica.

**Bacterium lactis acidii:** Las bacterias de ácido láctico (LAB) comprenden un clado de Gram-positivo, de bajo T C, -ácido tolerante, generalmente no esporulante, varilla o cocos que están asociados por su común no respiran metabólica y fisiológicas características. Estas bacterias, que normalmente se encuentran en las plantas en descomposición y productos lácticos, producen ácido láctico como el producto final metabólico principal de hidratos de carbono de fermentación.

**Taninos:** Químicamente son metabolitos secundarios de las plantas, fenólicos, no nitrogenados, solubles en agua y no en alcohol ni solventes orgánicos. Los taninos tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro.

**Hidrólisis:** Hidrólisis es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química.

**Anhídrido carbónico:** El dióxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico (los dos últimos cada vez más en desuso) es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono.

**Enzimas pectolíticas:** Las enzimas pectolíticas utilizadas durante la maceración en vinificación en tinto facilitan la liberación del contenido celular de la baya de uva. El objetivo de este tratamiento es la obtención de vinos con más color, más rico en compuestos fenólicos e igualmente más fáciles de clarificar y filtrar.

**Polipropileno:** El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión.

**Pirazinas:** La pirazina es un compuesto orgánico aromático heterocíclico. Su molécula presenta una simetría con grupo puntual D<sub>2h</sub>. Es un sólido de apariencia cerosa o cristalina. Presenta un fuerte olor similar al de la piridina. Es volátil con vapor de agua.

**Aldehídos:** Los aldehídos son compuestos que resultan de la oxidación suave y la deshidratación de los alcoholes primarios.

**Cafeína:** La cafeína es una sustancia amarga que se encuentra en el café, chocolate, nueces de cola etc. Tiene muchos efectos en el metabolismo del cuerpo, incluyendo la estimulación del sistema nervioso central. Ésta puede hacerlo sentirse más alerta y aumentar su energía.

**Teobromina:** La teobromina es un compuesto químico alcaloide que pertenece a la familia de las metilxantinas, en la que también se encuentra, por ejemplo, la cafeína. De hecho, produce efectos similares a la misma, estimulando el sistema nervioso aunque de manera mucho menos notoria, provocando esa sensación de placer en muchas personas cuando comen chocolate.

**Micotoxinas:** las micotoxinas son "metabolitos fúngicos cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reduce la actividad, hace enfermar o causa la muerte de animales (sin excluir las aves) y personas".

**Purinas:** Una purina es un compuesto orgánico aromático heterocíclico. Se compone de un anillo de pirimidina fusionado a un anillo de imidazol. Las purinas, incluyendo purinas sustituidas y sus tautómeros, son el heterociclo que contiene nitrógeno que más se producen en la naturaleza.

**Embrión:** Bosquejo de la futura planta que se encuentra dentro de la semilla.

**Aminoácidos:** Los aminoácidos son compuestos orgánicos que se combinan para formar proteínas. Los aminoácidos y las proteínas son los pilares fundamentales de la vida.

**Ácido oxálico:** Este compuesto está presente en muchos alimentos, especialmente en las hojas de las plantas, también se encuentra en maní, cacao y por lo tanto el chocolate. Es un ácido orgánico relativamente fuerte, siendo unas 3.000 veces más potente que el ácido acético.

**Ácido cítrico:** El ácido cítrico es un ácido orgánico natural, débil que se encuentra en muchas frutas y verduras, especialmente en cítricos. Puesto que el ácido cítrico es también un subproducto del ciclo del ácido cítrico, también se produce por muchos organismos vivos, incluyendo el moho

**Ácido tartárico:** El ácido tartárico es un acidificante y conservante natural (E-334). En la industria enológica puede usarse como corrector de la acidez del vino. Se utiliza a escala industrial, en la preparación de bebidas efervescentes como gaseosas.

**Ácido succínico:** El ácido succínico es un ácido dicarboxílico diprótico con fórmula química  $C_4H_6O_4$ , es un sólido blanco sin olor. Succinato juega un papel en el ciclo del ácido cítrico, un proceso de rendimiento de energía.

**Azúcares reductores:** Azúcares reductores son aquellos que, como la glucosa, fructosa, lactosa y maltosa presentan un carbono libre en su estructura y pueden reducir, en determinadas condiciones, a las sales cúpricas.

**Reacción de Maillard:** La reacción de Maillard es un complejo conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares presentes en los alimentos cuando éstos se calientan, técnicamente la reacción de Maillard es la glicación no enzimática de las proteínas, es

decir, una modificación proteínica que se produce por el cambio químico de los aminoácidos que las constituyen.

**Ésteres:** Los ésteres son compuestos orgánicos producidos por reacción química llamada esterificación: carboxílico y el alcohol reaccionan a los productos de la reacción son agua y éster. Hay tres clasificaciones para los ésteres, que pueden encontrarse en forma de esencias, aceites o ceras, dependiendo de los reactivos y de reacción.

**MONCADA, FD. 2013.** Evaluación de nuevos métodos de beneficiado en Cacao (*Theobroma cacao L.*) hondureño para el mejoramiento de las características fisicoquímicas del cacao de exportación. Tesis Lic. Tecnología Alimentaria. Catacamas, UNA. 88 p.

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el Centro Experimental y Demostrativo de Cacao (CEDEC, FHIA) en La Masica, Atlántida y en los laboratorios experimentales de la FHIA en Lima, Cortés. El objetivo principal fue evaluar nuevas técnicas de beneficiado de cacao para el mejoramiento de las características fisicoquímicas del cacao de exportación.

Se empleó un diseño completo al azar durante el proceso de presecado y análisis fisicoquímico y un diseño factorial en la fermentación de los cacaos precalentados y protocolo FHIA. Se probaron tres tratamientos con cuatro repeticiones: el primero consiste en precalentar cacao convencional partido a los tres días y puesto a fermentar para realizar análisis físicos de la almendra; otro consistió en el mismo proceso con el cacao orgánico precalentado, pero partido el mismo día. El tercero, que es el protocolo FHIA, no recibió precalentamiento ya que es el método que se efectúa normalmente en FHIA; éste se empezó a evaluar desde la fermentación, e igualmente se realizó análisis físico. También se utilizó un diseño factorial 2x2 en las microfermentaciones, donde los factores fueron: a) lugar de beneficiado, y b) grado de madurez. Con relación a los parámetros más importantes evaluados, no se observó diferencia estadística significativa en la temperatura de la masa durante el presecado (semilla con pulpa) ni durante la fermentación entre los tipos de cacao empleados, como tampoco en la humedad de la semilla al final del proceso. Por otra parte, se constató diferencia estadística en el grado de acidez de la semilla seca entre dos muestras de cacao procesadas de manera diferente (protocolo FHIA y presecado convencional), en tanto el tercer tipo (presecado orgánico) no es estadísticamente diferente a ninguno de los anteriores.

Palabras claves: cosecha, recolección, secado, grano, mucilago, fermentación, acidez, tostado, chocolate.

## I INTRODUCCIÓN

El cacao es un producto muy importante en Honduras ya que por sus características de cacao fino y suave , existen un creciente interés en Honduras como proveedor potencial de cacao de alta calidad; particularmente, el cacao criollo hondureño tiene características organolépticas interesantes también para los mercados especializados, actualmente se exporta cacao híbrido orgánico y convencional en mayor cantidad ya que son cacaos más resistentes y productivos que el criollo, a raíz de estos se han realizado muchos proyectos , que mejoran la economía de los productores y centros de acopio de cacao, ya que se ha convertido en la fuente de trabajo de muchos campesinos y el sustento de muchas familias.

Es por esa razón que se busca cada día perfeccionar el proceso de beneficiado del cacao por medio de técnicas que ayuden a mejorar las características fisicoquímicas de este tan importante producto, por lo cual se adoptado un método de Ecuador, previendo que este pueda mejorar aún más las cualidades de nuestro cacao. Según estudios realizados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (INIAP), durante la época seca del 2005.en Ecuador este proceso les garantiza un mejor sabor u menos acidez en el cacao CCN-51, y en la variedad nacional de Ecuador (Amores, Saltos 2005).

También se realizaron microfermentaciones en campo y en laboratorio con diferentes estados de madures y el lugar de beneficiado para determinar la influencia de estos factores en la calidad del cacao, ya que para obtener la calidad aromática esperada después de la fermentación es importante que la madurez del grano sea la adecuada. La fermentación de granos inmaduros no es fácil y resulta en granos pizarrosos o mohosos (Musa y Said citados por Cros 2000).

## **II OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Evaluar nuevas técnicas de beneficiado de cacao para el mejoramiento de las características fisicoquímicas del cacao de exportación.

### **2.2 Específicos**

- Conocer la influencia del presecado de las almendras de cacao híbrido convencional partido el tercer día y orgánico partida el mismo día, previo a la fermentación, sobre la evolución del pH y porcentajes de fermentación, en comparación con el protocolo utilizado actualmente en FHIA.
- Evaluar la influencia del ambiente de fermentación y el estado de madurez de la mazorca en el beneficiado de microfermentaciones de cacao convencional.
- Determinar las características físico-químicas del cacao presecado convencional y orgánico.
- Determinar las características físico-químicas de las microfermentaciones de cacao maduro y pintón, beneficiado en las zonas Lima y Masica.

### III REVISIÓN DE LITERATURA

#### 4.1 Importancia y niveles de producción de cacao en Honduras

Las zonas productoras de cacao en Honduras se encuentran en la costa atlántica, en los departamentos de Cortés, Yoro, Atlántida y Gracias a Dios. El sector cacaotero cuenta con una asociación de productores denominada, Asociación de Productores de Cacao en Honduras (APROCACAHO) (SAG 2009). La transferencia de tecnologías entre los pequeños productores de cacao del Litoral Atlántico los ha conducido a mejorar las técnicas de manejo de sus plantaciones permitiendo colocar a Honduras como el primer país exportador de cacao de Centroamérica. Siete mil hectáreas sembradas tienen una producción estimada en 5000 toneladas métricas, de las cuales la mitad es procesada en el país para la extracción de manteca y polvo, el resto va al mercado centroamericano y a Italia principalmente (FHIA 2008).

Existen un creciente interés en Honduras como proveedor potencial de cacao de alta calidad; particularmente, el cacao criollo hondureño tiene características organolépticas interesantes también para los mercados especializados. La producción actual según datos de inventario de PymeRural a finales de 2010 se concentra en unas 1,843 hectáreas, y según PRONAGRO esto ha aumentado a la fecha a unas 2,143 hectáreas. Al 2011 PymeRural reportó unos 1,200 productores y productoras (7% mujeres) independientes y unos 560 asociados en 7 diferentes asociaciones de productores. Según la APROCACAHO, el número de productores ascenderá a 2,500 en los próximos 2 años (CBI 2012).

Hay muchos esfuerzos a nivel de organizaciones nacionales de productores, entes de apoyo y clientes internacionales que están invirtiendo en generar experiencias exitosas y capacidades locales, para mejorar las capacidades de producción de grano de alta calidad. Entre ellos Chocolats Halba/Coop, uno de los más grandes retailers de la industria chocolatera en Suiza,

lanzó un proyecto piloto con unos 500 productores de cacao orgánico en sistema agroforestal en el 2008, quienes más allá de ser considerados sus proveedores, son considerados socios de la comercializadora. Esta iniciativa, responde a las necesidades crecientes del consumidor final por conocer el origen e historia del producto que consumen, así como su impacto en el ambiente y en su entorno social; esta iniciativa está apoyada por diferentes organismos en Honduras que permiten el desarrollo transparente y eficiente del proyecto. En este proyecto en específico los productores son asistidos técnicamente para mejorar la calidad del producto, y en la construcción de la infraestructura adecuada para la exportación del mismo. Actualmente el proyecto sigue en marcha, cuando se preveía que el piloto durase hasta el 2010 (CBI 2012). Este gran interés por el cacao de Honduras ha llevado a los centros de investigación como FHIA a mejorar y realizar nuevos métodos de beneficiado.

#### **4.2 Generalidades sobre la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*)**

*Theobroma cacao L.* es el nombre científico que recibe el árbol del cacao, que en griego significa “alimento de los dioses” fue el nombre dado por Carl von Linne quien clasificó por primera vez el árbol del cual provienen las almendras de cacao. Pero cacao viene del maya Ka’kaw (Bartley 2005). Su origen se adjudica a los bosques de Sudamérica (este de Los Andes) y de América Central (especialmente México), siendo los mayas los primeros en cultivarlo (400-500 A. C.) y denominar a su fruto cacao (cac-rojo y cau-fuerza/fuego) (Verdesoto. 2009).

La fruta del cacao es de forma alargada, tiene aproximadamente 25 cm de largo, 8 - 10 cm de diámetro y pesa 300 - 400 gr. La cáscara carnosa de 20 mm de grosor cubre la pulpa gelatinosa y agri dulce que contiene un alto grado de azúcar. La fruta contiene 25 - 50 pepas de semilla en forma de almendra, de sabor amargo y dispuestas en 5 - 8 filas oblongas, una junta a la otra. (Asociación Naturland 2000). La semilla del cacao se llama comúnmente “haba” o grano de cacao. El término “haba de cacao” es para designar la semilla que ha sufrido las operaciones de fermentación y necesarias para la preparación del cacao comercial, mientras que el término “grano” o “haba fresca”, para referirse a la semilla tal como es extraída del fruto maduro (Rosero, Toapanta 2008), está constituida por dos cotiledones y un embrión que está protegido

por ambos cotiledones. El endosperma es sumamente reducido y toma la forma de una membrana conocida como testa, la cual es delgada y coriácea envuelta en su periferia por una pulpa ácida y azucarada que se llama mucílago (Batista 2009). Desde un punto de vista económico, es la variedad más importante de la familia Theobroma (Asociación Naturland 2000). Según Tinoco (2010), es uno de los productos que demanda el mercado agrícola internacional; algunas compañías han invertido desde sus inicios en investigación y desarrollo. Se distinguen tres variedades de cacao: criollo, forastero y trinitario.

#### **4.2.1 Cacao criollo**

Es considerado como el príncipe de los cacaos, es famoso por sus aromas poderosos. Representa no obstante sólo el 5 % de la producción mundial, debido a su fragilidad frente a las enfermedades y frente a los insectos, por lo que principalmente es destinado a la chocolatería de alta gama. Este tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas alargadas de colores verde y rojizo en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjadas rojizas cuando están maduras, el chocolate obtenido de este cacao es apetecido por el sabor a nuez y fruta. Comercialmente se enmarca dentro de los cacaos finos (INIAP 2009).

#### **4.2.2 Forastero**

En el grupo de los cacaos forasteros, se incluyen los llamados cacaos corrientes del Brasil y los que se cultivan en el oeste africano. Son originarios de la alta Amazonía (Enríquez 2004). Las mazorcas están dotadas de surcos y rugosidades notables, las almendras producen un chocolate con un sabor básico de cacao (Calderón 2002).

#### **4.2.3 Cacao híbrido**

El cacao trinitario es un híbrido, producto del cruce entre el criollo y forastero que posee características similares al forastero y como su nombre lo indica es procedente de Trinidad (SAG

2009, González 2005). Su calidad es intermedia, estos abastecen del 10 al 15% de la producción mundial. Es el cacao que más se cultiva en América. Presentan sabor a cacao de medio a alto, usualmente con sabor a frutas y nueces (INIAP 2009). Según Motamayor (2008) tiene bajo sabor floral a menos que contengan mezclas de cacao nacional, sin embargo se requiere de una “buena” fermentación para que estos atributos se manifiesten. En Honduras el cacao criollo se encuentra en menores cantidades, a diferencia de los híbridos que por su mejor producción y mejor resistencia a enfermedades es el que más se exporta, tales como:

**A) Cacao Certificado Orgánico:** actualmente, menos del 1% del mercado mundial de cacao puede ser considerado como producido orgánicamente. Aproximadamente el 40-50% de cacao orgánico producido mundialmente ingresa al mercado europeo. Hasta la crisis económica, la demanda de cacao orgánica en el mercado europeo, especialmente Europa Noroccidental (con una notable popularidad en países como Alemania, Austria, Suiza, Dinamarca, el Reino Unido y Francia), estaba incrementando a tasas fuertes. Después de un periodo de estancamiento, el crecimiento está mejorando una vez más. Existe un exceso de oferta actual de cacao orgánico, en consecuencia restringiendo las oportunidades para los exportadores. En Honduras, se ha iniciado recientemente el cambio de cacao convencional hacia el Cacao AB, ya que los productores afiliados a APROCACAO están en un proceso de transición a cacao orgánico, cumpliendo con altos estándares de calidad. Además, están realizando todas las gestiones para participar en el comercio justo (CBI 2012).

**B) Cacao convencional:** más del 90% del consumo de cacao abarca el cacao convencional (principalmente la calidad forastero), alrededor del 10% comprende el cacao de una región específica, de alta calidad particularmente cacao fino y de aroma especial (variedades criollo y trinitario. Las naciones de África Occidental como Costa de Marfil y Ghana son los principales proveedores del mercado de granel de la Unión Europeo con su variedad forastero, el cual tiene un aroma simple y básico. Los países de Latinoamérica son proveedores de cacao de mayor calidad y valor para el mercado especializado (CBI 2012).

### 4.3 Parámetros de cosecha y post-cosecha de cacao

Cuando se habla de calidad del cacao se deben tomar como parámetros el aspecto físico de la almendra y las propiedades intrínsecas de sabor y aroma. En el primer caso la calidad física estaría determinada por el cumplimiento adecuado de las prácticas de cultivo y post-cosecha (Verdesoto 2009).

**A) Cosecha de cacao:** la cosecha consiste en la recolección de las mazorcas sanas maduras (INIAP 2009) (Ver Anexo 1). Según Cubillos (2008) la recolección se hace con herramientas adecuadas, siendo la tijera podadora la principal (anexo 2). Con cualquier otra herramienta, como el machete, se puede herir al árbol o dañar los granos de la mazorca. Por ningún motivo se deben arrancar las mazorcas con la mano (halándolas), porque destruye completamente el cojín floral y causa heridas peligrosas para el tronco. Una señal de madurez es el sonido que se produce en la mazorca al golpearla ligeramente, sugiriendo que algo se encuentra suelto en el interior (INIAP 2009). Usualmente se realiza con intervalos de 15 días para obtener un producto uniforme (Enríquez, 1995), aunque en periodos con poca producción, la recolección puede ser mensual. La época de cosecha se realiza en un momento donde hay menos sol ya que eso tiene efectos importantes en la fermentación y en el secado (CATIE 2012).

**B) Almacenamiento antes de partir la mazorca:** el almacenamiento antes de la separación de los granos se ha recomendado para las semillas de cacao que son difíciles de fermentar y tienden a dar al chocolate un sabor ácido fuerte (anexo 3). Se muestra claramente en la literatura, que el almacenamiento de la mazorca antes de dividir reduce la sacarosa, glucosa, fructosa, el etanol y el contenido de ácido acético, aumenta el pH en los granos de cacao fermentados y mejora el sabor del chocolate final. Por esta razón, el almacenamiento de la mazorca podría ser beneficioso para las semillas que tienden a desarrollar un pH bajo y sabores ácidos, tales como el criollo (Meyer et al. 1989, Tomlins et al. 1993). Las mazorcas pueden permanecer sin quebrarse hasta tres días después de

cortadas, esto permitirá que los jugos de la pulpa se concentren y faciliten la extracción de las almendras en el proceso de fermentación (Navarro y Mendoza 2006).

**C) Partida de mazorcas y desgranado:** la quiebra de las mazorcas se puede hacer con un machete corto y sin filo, con un mazo o con un golpe, procurando no dañar las semillas para garantizar su calidad (Navarro y Mendoza 2006). En algunos países cacaoteros utilizan otro método para partir las mazorcas, que consiste en ensamblar un trozo de machete con el lomo hacia arriba en un soporte de madera a manera de “T” invertida, la mazorca se parte fácilmente golpeándola contra este lomo. La extracción de las semillas de la cáscara, se denomina desgranada, "desengullada" o "deguyada". Se hace deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta de la mazorca o ayudándose con paletillas de madera o bambú adaptadas para ese propósito, evitando extraerla para no mezclarla con los granos de cacao. Si se desprende se debe sacar posteriormente, eliminar almendras podridas, malogradas, germinadas, pedazos de cáscara, los granos negros y afectados por enfermedades que desmejoran la calidad del producto para evitar que las almendras sanas se contaminen (INIAP 2009, AGROBANCO 2012) (anexo 4).

**D) Control de calidad para la selección del grano de cacao:** Armijos (2002), Calderón (2002) y Graziani (2003), coinciden en indicar que la calidad del cacao es uno de los aspectos de mayor importancia en el proceso productivo cacaotero. El cacao en pulpa se clasifica en dos calidades: la calidad de primera en su estado biológico presenta un buen estado de frescura con menos de nueve horas de extraídos los granos de las mazorcas, con propiedades tales como pulpa abundante y mucilaginosa, color blanco o rosado, temperatura ambiente y olor característico agradable. Los granos en su conjunto pueden tener un máximo de 2% de granos enfermos y dañados, germinados y verdes.

La calidad de segunda debe presentar un estado medio de frescura, con menos de 9 horas de extraídos los granos de las mazorcas, con pulpa escasa y reseca, color rosa oscuro, olor a vinagre y temperatura superior a la ambiente. Un 10% de granos defectuosos es aceptable, abarcando granos enfermos o dañados, granos germinados y verdes. Ninguno

de los dos rangos de calidad debe tener residuos de placenta ni fragmentos de cáscaras u otros materiales extraños.

Los criterios de calidad del cacao sin pulpa son de tipo físico (tamaño del grano, residuos vegetales, grano quebrado o aplastado) y de composición (aroma, porcentaje de grasa, ácidos grasos libres (AGL)); además hay que tener en cuenta las condiciones de producción limpia (pesticidas, ocratoxinas, metales pesados, aceite mineral, alérgenos, hidrocarburos aromáticos y policíclicos (HAP)) y las políticas de calidad (auditorías y rastreabilidad) (CATIE 2012). En general, un cacao de calidad debe tener buenas características de sabor y aroma. Los diferentes sabores se definen por el gusto a frutas secas, caramelo, malta, notas florales, tabaco, madera, etc., y para ser considerado como fino también debe tener especificidad aromática (Cros et al. 1994, CATIE 2012).

Como afecta el tipo de semillas la fermentación: semillas enfermas: son semillas afectadas o dañadas, el mucílago puede estar seco resultado que no se logre la fermentación alcohólica y acética. Semillas inmaduras: son las que provienen de mazorcas verdes estas se encuentran pegadas por lo que la pulpa tiene suficiente azúcar para realizar una buena fermentación. Semillas germinadas: son las que tienen desarrollada la radícula lo que provoca una mala fermentación y la entrada de hongos al quebrarse la raíz. Semillas sobremaduras: son semillas reventadas con poco azúcar lo que provoca que la fermentación tampoco se dé adecuadamente. (Mendoza, M.T. *et al* sf)

#### **4.4 Rendimiento de cacao**

La producción y productividad del cacao han sido expresadas por ciertos índices; Cheesman y Pound (1934) establecieron 4 índices: número total de mazorcas, peso fresco y seco de las almendras, índice de las mazorcas e índice de semilla. El rendimiento de una área sembrada con cacao está formada por dos componentes; la producción individual de cada árbol y el número de árboles productivos (Wood 1982). El rendimiento por árbol comprende el número total de mazorcas producidas durante un año y el peso seco de las almendras (BCIE/CATIE 1982).

Según Wood (1982) el desarrollo y el rendimiento post-cosecha del cacao depende de varios factores, siendo los más importantes el material genético, clima y sus relaciones con el suelo, las condiciones de manejo (sombra), asimismo la edad de los árboles y la presencia de plagas y enfermedades (anexo 5).

#### **4.5 Humedad en grano**

Las semillas se encuentran envueltas en una pulpa o mucílago muy húmedo, blanco y dulce; razón por la cual al cacao fresco o recién extraído de la “mazorca” se le denomina “cacao en baba” (Llamas 2007). El contenido de humedad es el factor de mayor importancia en el comportamiento del grano durante el manejo de poscosecha, en especial en el almacenamiento y procesamiento. El alto contenido de agua es uno de los factores que pueden causar pérdidas en estos productos. Su control inadecuado en las operaciones de poscosecha pueden producir calentamiento de la masa del grano, así como generar infestaciones de hongos y ataque de insectos (Ospina, 2001). Partiendo de una humedad aproximada de 55%, los granos se secan a 6-7% para su almacenaje (Naturland 2000, Paredes 2004). De 1000 kg de fruta fresca de cacao se pueden obtener aproximadamente 32-47 kg de almendras crudas de cacao fermentadas y secas (Naturland 2000).

#### **4.6 Presecado de cacao en baba (método Ecuador)**

Durante la fermentación del cacao el azúcar de la pulpa se transforma en etanol y éste en ácido acético que ingresa al interior de las almendras. Allí interviene en fenómenos bioquímicos necesarios para el desarrollo de precursores del sabor a cacao y otras notas sensoriales. Un exceso de pulpa alarga el tiempo de fermentación y produce exceso de acidez, entre otros inconvenientes que afectan el desarrollo de la expresión organoléptica del cacao. El acortamiento de la fermentación y disminución de la acidez podría resultar en cambios favorables para el perfil sensorial de genotipos de interés. Observaciones del fenómeno sugieren que el presecado de la masa fresca de cacao antes de la fermentación, produce cambios importantes en más de una dimensión del perfil sensorial en la variedad CCN-51. Ha planteado

la hipótesis de que los resultados serían similares si se aplica el presecado a la variedad Nacional. Esta investigación se diseñó para producir respuestas a las inquietudes dentro de la temática en cuestión (Amores, Saltos 2005). Schawan y López citado por Mejía y Arguello (2000) considera que la reducción de la pulpa antes del proceso puede ser benéfica para la calidad del cacao, ya que se disminuye la acidez, tomando en cuenta que en la exudación solo el 60% es necesaria.

Con este tratamiento el cacao desarrolla un buen aroma y sabores especiales a nuez, banana, y frutos secos. Además se obtiene un grano apto para la producción de chocolate. El técnico explica que en un primer paso del proceso se debe escurrir durante la noche, luego de su recolección. “Se coloca en un saco de cebolla o yute sobre un declive para que suelte el agua”. Después se realiza un presecado que consiste en poner el grano al sol durante ocho horas, dependiendo de la luminosidad hasta que la pepa no se pegue. Así, el cacao está listo para guardarse en sacos de yute y fermentarse durante tres días. Se, recomienda que para obtener buenos resultados es preferible fermentarlo a la sombra donde adquiere una mejor temperatura, removerlo una vez al día para renovar el aire y taparlo con una lona oscura”. Tras ello, se inicia el proceso de secado. Se pone al sol durante tres días o en una secadora en tres tandas y a 45 grados. Los expertos destacan que los beneficios de esta técnica son múltiples, pues el grano no se daña por la humedad, se obtiene una pepa más ancha y con mejor aroma. Además, no hay costos extras, pues no necesita materiales especiales. “El agricultor gana tiempo sin invertir”. (Diario EL COMERCIO 2008).

#### **4.7 Fermentación**

Ramos (2004) menciona que la fermentación es la acción combinada y balanceada de temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad. Este proceso disminuye el sabor amargo por la pérdida de teobromina, facilita el secado y la separación de la testa de los cotiledones. En un proceso de beneficiado para la producción de cacao de una buena calidad final, es de mucho cuidado tener en cuenta la relación entre la temperatura, la acción de los microorganismos y la presencia de oxígeno, con precisiones en la cantidad y el tiempo de las remociones. Hardy

(1961), considera que la temperatura generada en la masa de fermentación está relacionada con la temperatura ambiente.

Al inicio del proceso domina la fermentación por alcohol mediante hongos de la levadura, después de permanecer aproximadamente 24-36 horas en el recipiente de fermentación el cacao es ventilado para iniciar la siguiente fermentación aerobia de vinagre y ácido láctico que desintegra el alcohol y el resto de azúcar (Ramos 2004). Batista (2009) afirma que la pulpa consiste en un 80% de agua, 10-15% de glucosa y fructosa así como de 0,5% de ácidos no volátiles (principalmente ácido cítrico) y de pectina; tiene un coeficiente pH de 3,5. Las semillas mismas tienen un fuerte sabor amargo que se debe a su antocianina, una sustancia de color violeta oscuro. Durante la fermentación estas sustancias amargas se transforman químicamente, las semillas empiezan a tomar un color chocolate y a desarrollar las primeras sustancias aromáticas típicas del cacao.

#### **4.7.1 Fases de una buena fermentación**

**A) Fermentación anaeróbica:** la fermentación anaeróbica es la primera del proceso y se inicia luego de producirla quiebra de las mazorcas. En este proceso el azúcar presente en el mucílago es transformado en alcohol, o sea que la glucosa es transformada en etanol por medio de levaduras que actúan durante las primeras 24 a 48 horas, debido a que predomina un pH ácido, de 3 a 4, y a que la temperatura sube rápidamente alcanzando de 30 a 40 °C. A medida que la concentración de alcohol aumenta a alrededor de un 12%, producto del consumo total de todo el azúcar presente en el mucílago, empieza a penetrar oxígeno en la masa, sube el pH, y se produce la muerte de las levaduras, dando por terminado esta primera fase del proceso (Acebey y Rodríguez 2002).

**B) Fermentación aeróbica:** esta segunda etapa de la fermentación es aeróbica, debido a que ocurre con la presencia del oxígeno en la masa de cacao. Automáticamente concluye la fermentación anaeróbica, se inicia la fermentación aeróbica, conocida también como fermentación acética, debido a que el etanol pasa por un proceso de oxidación con la

consecuente producción de ácido acético. Este proceso coincide con la primera remoción del cacao que se efectúa 48 horas después de depositar el cacao en las cajas y se prolonga por 48 horas más hasta cumplir 96 horas, que es cuando se efectúa la segunda remoción. Para las remociones se usan palas de madera para evitar heridas en los granos de cacao. Por la necesidad de la presencia de oxígeno en la segunda etapa, se efectúa la primera remoción a las 48 horas. El punto crítico de la temperatura para cacao está alrededor de los 45°C. Normalmente ocurre al final del segundo día o al inicio del tercer día, después de remover el cacao por primera vez (Batista 2009).

#### 4.7.2 Lo que ocurre en una mala fermentación

- A) Fermentación láctica:** cuando el cacao no recibe la remoción correspondiente a las 24 o 48 horas, no ocurre la fermentación aeróbica debido a la ausencia de oxígeno. Así los azúcares no son transformados en alcohol y en cambio se transforman en ácido láctico por la acción de las bacterias ácido lácticas. El cacao resultante de este tipo de fermentación resulta de muy mala calidad, exhibiendo un olor y sabor a queso, lo cual es clasificado en la industria como defecto comercial.
- B) Fermentación butírica:** la fermentación butírica tiene lugar cuando el cacao en el proceso de fermentación permanece varios días sin recibir oxígeno, por no recibir remoción que permita la penetración de oxígeno. Se percibe un olor putrefacto, característico de la descomposición por la acción de bacterias y hongos. Como ya hemos referido, la fermentación también se realiza en montones y en sacos, en la misma forma que llega de la plantación. Cuando la fermentación ocurre en cualquiera de estas formas, se produce una fermentación láctica y butírica porque no se observa el tiempo correcto en las remociones. En la mayoría de los casos, los productores sólo hacen una sola remoción al tercer o cuarto día.

Acebey y Rodríguez, 2002, indican que 3 remociones sería lo correcto en la fermentación en montones o sacos, ya que hay poca masa en el proceso y sería necesario buscar la

mayor homogeneidad posible, vaciando cada vez los sacos y llenándolos de nuevo cada 24 horas. Concluido el proceso de fermentación, se toma una muestra del cacao para determinar la efectividad del proceso. Así se realizan las pruebas con el corte de las almendras para observar el color, grado de agrietamiento que experimentaron los cotiledones, lo cual conjuntamente con el sabor a chocolate es característico del cacao fermentado. En este sentido se observa que a mayor agrietamiento, la fermentación es más completa y efectiva.

Para asegurar que se logra una buena fermentación, se sacan 300 granos de uno o varios quintales para hacer una prueba. Cada uno de estos granos deben cortarse a lo largo quedando dos partes iguales. (Navarro y Mendoza 2006). Según el tipo de cacao, el tipo de recipientes y la temperatura ambiental, este proceso dura entre 96 y 120 horas y requiere ventilación de la masa fermentante cada 48 horas. El proceso de fermentación llega a su fin cuando la temperatura de la masa fermentada baja.

#### **4.7.3 Métodos de fermentación**

Es bien sabido que se utilizan diferentes métodos de fermentación para fermentar el cacao en grano en función de los agricultores, las zonas y países (Lainé 2001). Según Doyle et al., citado por Agrobanco (2012), los métodos de fermentación de cacao más utilizados son; plataformas, montones, cestas y cajas. Se debe tener en cuenta que de acuerdo al tipo de método escogido y tiempo de fermentación dado, la bioquímica interna del grano se verá afectada debido a los cambios de pH y temperatura, que influyen en la actividad enzimática del grano (CAMU et al. 2008).

**A) Fermentado en cajas:** en general, los granos de cacao fermentados en cajas muestran relativamente bajas concentraciones de azúcares, etanol y ácido acético, y un pH alto. En el inicio del proceso de fermentación, el aumento de la temperatura es más lento que en los otros métodos de fermentación. Para este método de fermentación se ha encontrado que el tamaño, forma y material de construcción de la caja también influye

significativamente en el pH, taninos, contenido de azúcar y presencia de granos de color púrpura, por lo que se recomienda que el material de construcción no contenga olor ni sabor que dañe el producto, en estos casos el más utilizado es el laurel, el tamaño de la caja debe ser de acuerdo a la cantidad de cacao que se va a fermentar (Guehi et al 2010, Portillo et al 2007). Ramírez (1988) como resultado de sus investigaciones, encontró que durante la fermentación hay variación de temperatura y que es posible que la masa que se encuentra en la parte superficial sea varios grados más elevada que la masa que se encuentra en el fondo del cajón.

En cambio Liendo (2004), Santizo y Orellana (1989), aseguran que el método en “cajas” es el más ventajoso cuando se dispone de grandes cantidades de cacao. Este método consiste en colocar las almendras de cacao recién extraídas de las mazorcas en cajas de madera y luego taparlas con hojas de plátano o sacos de yute para elevar la temperatura de la masa y ocurra el proceso de fermentación (Braudeau 1970). El tamaño de la caja depende de la cantidad de cacao que puede obtener el agricultor. Generalmente las cajas son de madera y deben tener orificios o ranuras para permitir el drenaje de los jugos (Saltos 2005).

**B) Fermentado en montón:** cuando se fermenta mediante el método en montón la temperatura aumenta más rápido en el inicio del proceso, y se puede obtener una fermentación más uniforme (Tomlins et al. 1993). Rohan (1960) y Enríquez (1995) indican que, el método más utilizado por los pequeños agricultores es el de “montón” y consiste en amontonar las almendras de cacao sobre una mesa de madera o sobre hojas de plátano o bijao de manera que el jugo que sale del mucílago pueda escurrirse fácilmente. Luego el montón se cubre con hojas de plátano para que produzcan calor. (Rincón 1999), informa que los montones se voltean periódicamente, con una frecuencia que depende en parte, del tamaño del montón y de la variedad de cacao sometida al proceso de fermentación.

**C) Fermentación en plataforma:** el método de la plataforma se cree que es un método obsoleto (Doyle et al. 2001), pero debido a sus bajos costos todavía es ampliamente usado en países como África occidental (Lainé 2001). La fermentación en plataforma produce muy baja tasa de fermentación, probablemente por esta razón fue utilizado históricamente para los granos criollos, que requieren poca fermentación (alrededor de 2 o 3 días), pero se considera no apropiado para el cacao forastero, ya que este requiere más tiempo de fermentación (5 a 8 días). Por esta razón, el método de la plataforma induce el crecimiento de los moldes no deseados y el consiguiente desarrollo de sabores desagradables (Doyle et al. 2001).

**D) Microfermentaciones:** otro sistema de fermentación dirigido especialmente a pruebas de clones en proceso de investigación es el de “microfermentaciones”. Consiste en recolectar una muestra de 1,5 a 4,0 kg de almendras de cacao y luego colocarlas en pequeños sacos. Las almendras deben estar regadas en todo el saco para que se produzca la transformación de los azúcares y también facilitar las remociones. Los pequeños sacos se ubican en la tercera parte del cajón de una masa considerable, ya que es allí donde se acumula la mayor parte de temperatura (Jiménez 2003). El cacao que se utiliza como masa es recomendable que sea del mismo tipo genético para que no exista interferencias al realizar las remociones y no pueda influenciar con el aroma cuando se produzcan las reacciones y transformaciones de los azúcares y ácidos que se desarrollan durante la fermentación (Braudeau 1970).

#### **4.7.4 Factores que influyen en la fermentación y en la calidad del sabor de cacao**

Diversos factores afectan esta etapa, entre ellos: el tipo de cacao (Graziani et al. 2002, Lemus et al. 2002), tiempo de almacenamiento del fruto o mazorca antes de la apertura y el desgrane (Torres et al. 2004, Portillo et al. 2005), así como por el método de fermentación empleado, dependiendo del tipo de fermentador usado (Contreras et al. 2004, Graziani de Fariñas et al. 2003, Portillo et al. 2005), tiempo del proceso y frecuencia de remoción de la masa fermentante (semillas y pulpa) (Portillo et al. 2005). También existen diferentes factores que afectan las

características del cacao, entre las que destacan; el genotipo, las condiciones agroclimáticas, las condiciones de cosecha, y la composición del grano. Así como, el beneficio (fermentación y secado), además de la industrialización, como el tostado y el conchado. Todos estos factores tienen efectos importantes en el perfil de compuestos volátiles y en los compuestos no volátiles del cacao, que a su vez definen la calidad final de los productos del cacao, como el chocolate (Afoakwa et al., 2008b; Brito et al., 2000).

**A) Efecto de genotipo en el sabor de cacao:** el genotipo tiene influencia en la calidad e intensidad del sabor del chocolate de acuerdo a cada variedad de cacao, probablemente por que determina la cantidad de precursores y la actividad enzimática que contribuyen a la formación del sabor (Afoakwa et al., 2008b).

**B) Madurez de las mazorcas:** la mazorca antes de la madurez puede ser verde, rojo-violeta, más o menos subido de tono o verde parcialmente pigmentado de rojo-violeta. Cuando la mazorca alcanza la madurez, el verde pasa a amarillo y el rojo violeta vira a anaranjado, aunque en algunos casos la pigmentación persiste después de la madurez. (Rosero, Toapanta 2008). Para obtener la calidad aromática esperada después de la fermentación es importante que la madurez del grano sea la adecuada. La fermentación de granos inmaduros no es fácil y resulta en granos pizarrosos o mohosos (Musa y Said citados por Cros 2000).

**C) Almacenamiento de la mazorcas:** el almacenamiento de la mazorca previo al desgrane y fermentación acelera el proceso fermentativo, debido a que la temperatura se eleva más rápidamente y los valores alcanzados son más altos a medida que se incrementa el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao (Torres et al. 2004). Algunos investigadores consideran que el sabor se mejora al almacenar los frutos de cacao por varios días antes de desgranarlos (Samah et al. 1993). Barel (1987) también señala que al retrasar el desgrane, que al elevarse la temperatura mejora la hidrólisis de la pulpa, se reduce la acidez del cacao y se logra una proporción del 60% de granos marrones, obteniéndose los

mejores resultados después de un retardo de seis días entre la cosecha y el desgrane (Torres et al. 2004).

**D) Cantidad de granos:** para garantizar una fermentación uniforme los recipientes no deberán sobrepasar una capacidad de una tonelada de cacao fresco y una altura de 0.75 m. El cacao en pequeñas cantidades tampoco fermenta bien, porque la superficie es demasiado grande en relación a la cantidad y consecuentemente la masa se calienta difícilmente. Por ello se debería fermentar una cantidad mínima de 50 kg de cacao fresco (Naturland 2000).

**E) Cantidad de pulpa:** dentro del proceso para lograr una buena calidad final del mismo, es muy importante que el cacao llegue al proceso de fermentación con la cantidad de pulpa necesaria para no afectar el aroma y sabor del futuro chocolate (IICA y USAID 2004). Pero en cacaos ácidos es mejor disminuir la cantidad de mucilago ya que según López, A.S. (1986) bajo el efecto de las levaduras, los azúcares de la pulpa son transformadas en alcohol etílico con desprendimiento de anhídrido carbónico. La fermentación alcohólica provoca una elevación de la temperatura al mismo tiempo que una disminución de pH. Algunas levaduras producen enzimas pectilíticas, las cuales rompen las paredes celulares de la pulpa provocando el drenaje de los jugos y la formación y la formación de espacios entre las almendras a través de los cuales el aire puede penetrar. La pérdida de ácido cítrico por el drenaje de los jugos y por el metabolismo microbiano, causa un aumento de pH, que conjuntamente con los elevados niveles de alcohol y una mejor aireación, inhibe a las levaduras de manera que su actividad desaparece.

**F) Tipo de cacao:** la mezcla de almendras de variedades de cacao diferentes también influye desfavorablemente en la fermentación y distorsiona el perfil del sabor (CATIE 2012).

**G) Duración de la fermentación:** el tiempo de fermentación está íntimamente relacionado con el tipo genético del cacao, así: el cacao nacional o sus híbridos tardan de cuatro a cinco días, mientras que los cacaos trinitarios fermentan bien en cinco días (INIAP 2009). Se necesitan seis días para lograr un fermentado óptimo, sin embargo para el criollo de dos a tres días (ICCO 2009). Según resultados obtenidos por Amores et al. (2004), el proceso de fermentado entre el segundo y quinto día son claves porque es cuando se producen los mayores cambios tanto en concentración como en comportamiento de los compuestos químicos y sus reacciones.

**H) Volteos:** las remociones o volteos de las almendras, permiten homogeneizar, airear y elevar la temperatura de la masa en fermentación (Gildardo s.f.). La temperatura inicial es parecida al medio ambiente, sin embargo, esta se incrementa hasta su punto máximo que está entre 49.5 a 51 °C, luego se estabiliza y cae paulatinamente, lo cual es un indicador que la fermentación ha terminado. La falta de remoción o su ejecución defectuosa, hace que una gran proporción de la masa de cacao se quede sin fermentar. El volteo debe realizarse a las 24 horas en el caso criollo y cada dos días en cacao forastero y trinitario, evitando así la proliferación de mohos y la desecación de las almendras que se encuentran en la superficie. La remoción diaria permite un incremento más rápido de la temperatura y por lo tanto una fermentación más homogénea y de menor duración (Saltos et al. 2006).

**I) Enfermedades:** los daños y enfermedades también afectan el contenido de azúcar de la pulpa que cubre los granos de cacao y, en consecuencia, el proceso de fermentación. Otros factores, como el manejo de cultivo, el uso de abonos, la sombra, la poda, se conoce su impacto en el rendimiento o la resistencia a enfermedades, pero no se sabe aún si influyen en la calidad aromática o en el sabor del cacao (CATIE 2012) (anexo 6). Después de la fermentación se separan los granos inmaduros o dañados y el resto se seca.

## 4.8 Secado de granos fermentados

El objetivo primordial del secado es que el cacao termine de desarrollar el sabor a chocolate que inició durante la fermentación (Enríquez 1993). Si el secado no se hace en forma adecuada, de nada sirve que se haya realizado una fermentación, ya que la muestra no llegará a tener el sabor deseado. El secado tiene por objeto eliminar el exceso de humedad y acidez de las almendras de cacao, como garantía para su posterior almacenaje y comercialización (Rincón 1999). En el secado se produce también una transformación enzimática durante la cual se oxidan algunas sustancias, los cotiledones de las cáscaras de las semillas se vuelven más cafés, el aroma chocolatero empieza a desarrollarse. Además se volatiliza su ácido acético excesivo.

**A) Características de un grano seco bien fermentado:** el grano tiene un color externo canelo, color interno café marrón, aspecto hinchado, arriñonado, sonido quebradizo al apretar el grano con los dedos, desprendimiento fácil de la cutícula, estructura interna cuarteada y sabor y aroma fuerte a chocolate. (Gildardo s.f.). Con muchas rajaduras, en la parte donde nace la raíz no hay nada solo la seña, al morderlo tiene sabor amargo (Navarro y Mendoza 2006).

**B) Características de un grano seco mal fermentado:** color externo café claro, color interno pardo o violáceo, aspecto aplanado, no se presenta sonido característico cuando se apreta con los dedos el grano, la cutícula no se desprende fácilmente, estructura compacta, sin olor característico y sabor amargo. (Gildardo s.f.). No tiene rajaduras, es liso, se mira la parte donde nace la raíz llamada embrión, al quebrarlo no se desborona (Navarro y Mendoza 2006).

### 4.8.1 Métodos de secado de cacao

Se utilizan dos métodos para el secado: el natural (secado al sol) y el artificial (secadoras mecánicas). Se dice que el cacao de mejor calidad se produce cuando los granos se han secado completamente en el sol, ya que ayuda a disminuir la acidez volátil del grano (Knight 1999),

aunque la desventaja de este método es que la duración del secado depende del clima, pudiendo completarse dentro de una o dos semanas; el secado mecanizado tiende a ser una operación altamente rápida y muy eficiente para producir un producto uniforme a un bajo costo por kilogramo.

**A) Secado natural:** los granos se secan sobre instalaciones especiales como tarimas de madera, mantas de polipropileno sobre tarimas o esteras de caña brava, lozas de cemento, plástico o metal que se colocan a una altura suficiente del suelo para evitar las impurezas de polvo o de animales domésticos. Los rayos solares favorecen la buena coloración y el buen desarrollo de las diferentes etapas de aromatización. Un secado lento y cuidadoso al sol, suele demandar hasta siete días (Naturland 2000). Con el secado violento no se logra un secado uniforme y se interrumpe la hidrólisis enzimática de las antocianinas generando almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente, a la vez se endurece rápidamente la testa o cascarilla la cual una vez seca impide la salida o difusión de los ácidos volátiles que se concentran en la almendra generando almendras ácidas (Ramos, 2004). Se recomienda el empleo de máquinas secadoras con aire caliente en regiones donde los cielos frecuentemente se nublan o llueve durante la temporada de la cosecha (Naturland 2000).

La superficie de la madera es la mejor para secar el cacao, colocando los granos el primer día en capas de 8 a 10 cm de espesor, revolviéndolos cada dos horas con rastrillos de madera a fin de evitar daños en las almendras y propiciar su secado lento (INIAP 2009). En el caso del secado natural, si la radiación solar es muy fuerte, se recomienda durante los primeros días, solamente tres a cuatro horas de exposición solar revolviendo aproximadamente cada hora toda la masa de granos (FHIA, 1989).

**B) Secado artificial:** en el secado artificial se usa una corriente de aire caliente que se aplica con el cuidado de no producir contaminaciones, como el humo. Como fuente de calor se puede usar leña, carbón mineral, diésel o electricidad. Con este método, la

duración de secado puede variar entre 20 a 36 horas con temperaturas entre 50 y 60 0C (FHIA 1989).

Las ventajas de este tipo de secado son: el ahorro de espacio y tiempo. Sus desventajas guardan relación con el poco control que se ejerce sobre los factores químicos y físicos, los cuales son intrínsecos al propio proceso de secado (Rigel 2005). Aunque el producto es a menudo de un sabor que no es especialmente buscado, debido a que al usar un secador artificial se puede incrementar la temperatura del cotiledón, aumentando la dureza del grano. La dureza del grano restringe la pérdida de ácidos volátiles, lo cual es perjudicial en el sabor final del chocolate (Camu et al. 2008).

#### **4.8.2 Limpieza y selección del cacao en grano**

Terminado el secado es conveniente limpiar el producto de impurezas a fin de obtener un producto de mejor valor comercial. Por esta razón es importante realizar una adecuada selección del grano de cacao utilizando para ello zarandas construidas de mallas con medidas de orificio de un cm<sup>2</sup> que permita pasar los granos más pequeños y retener los de mayor calibre (Paredes A.M. 2004).

Según Naturland (2000) las características del cacao de primera calidad, en las que el agricultor o agrónomo puede influir favorablemente, son las siguientes: Mínimo 70% de pepas bien fermentadas, humedad menos de 8%, no acusará ningún olor atípico como a mohos o humo. En el cacao de primera calidad se suele tolerar un máximo de 3% de pepas de cacao con mohos visibles, 3% de pepas sin fermentar y un máximo de 3% de pepas con plagas, germinadas o muy pequeñas. Para segunda calidad se tolera 5% de pepas con mohos visibles, 5% de pepas sin fermentar, 5% de pepas con plagas, germinadas o muy pequeñas (anexo 7).

#### 4.9 Formas de almacenamiento de cacao

El almacenaje de las almendras de cacao se efectuará en lugares oscuros, secos, limpios, bien ventilados y a bajas temperaturas. Si el almacenamiento es a corto plazo se utilizan temperaturas medias de 16°C y humedad relativa de 55%, pero si es a largo plazo se utilizan temperaturas medias de 11°C y humedad relativa de 55%. El área de almacenamiento o bodega preferiblemente debe ser de madera, con una altura de 5 metros, con buena ventilación que permita la circulación de aire, pero que no guarde humedad, para garantizar mantener la calidad del cacao almacenado. El piso puede ser de concreto, la bodega debe tener divisiones en su interior para almacenar diferentes tipos de cacao. La capacidad de almacenamiento está en dependencia de los volúmenes que se pretendes acopiar, por eso el tamaño de la bodega debe ser un punto importante a decidir. Las puertas y ventanas deben estar forradas con cedazo para evitar la entrada de insectos u otros animales que contaminen el grano (Agrobanco 2012).

#### 4.10 Análisis físico

Siempre que se habla de calidad sensorial es preciso distinguir las características físicas que poseen los alimentos. Entre ellas se pueden mencionar.

- A) **Tamaño:** De acuerdo a los parámetros de calidad del grano del cacao exigidos por la Unión Europea, que son los que por lo general se toman como referencia en el comercio internacional del cacao, el tamaño mínimo permitido del grano (calibre) es de un gramo por grano (Paredes A.M. 2004).
- B) **Textura:** la textura es importante en la calidad del cacao ya que tiene que ver con las sensaciones que se manifiestan a través del tacto y la tensión.
- C) **Color:** el color de los cortes en almendras de cacao bien fermentado va de castaño oscuro a castaño pálido. De acuerdo con la cantidad de pigmento púrpura que

originalmente existía. Si los granos fueron secados al punto correcto el marcador de humedad debe marcar 7%, que es lo ideal. Concluido este proceso se procede a examinar la apariencia exterior de los granos y determinar si tiene impurezas. Finalmente se realiza la prueba de corte, para lo cual se colocan alrededor de 100 granos del cacao seco en una bandeja. Se introduce una hoja cortante de metal, la cual realiza el corte de los granos. Concluido el corte se saca de nuevo la hoja, se abre la bandeja y los granos aparecen cortados en dos mitades iguales. Luego del corte se aprecian las diferentes tonalidades en el color interno de los granos, así como las transformaciones físicas recibidas durante el proceso.

**D) Peso de grano, índice de semillas y mazorca:** Enríquez (1966), Moreira (1994), indican que para el mercado del cacao es requisito indispensable que las almendras pesen mínimo 1,2 g cada una de ellas, Quiroz (1990), al referirse al peso de la almendra o índice de semilla, menciona que este es más alto en la época de verano, ya que dicho índice está influenciado por el ambiente y la conformación genética de los progenitores. El índice de mazorca es definido como el número de mazorcas necesarias para producir un kilogramo de cacao seco (Cheesman y Pound 1934). Un índice de 20 mazorcas o menos, es adecuado para seleccionar árboles de alto rendimiento. El índice de semilla, por su parte es definido como el peso seco promedio de las semillas.

**E) Sabor y aroma:** numerosas investigaciones han determinado la importancia de los compuestos involucrados en la formación del aroma del cacao y por ende el desarrollo de los precursores del sabor a chocolate. En ese sentido; los compuestos volátiles como las pirazinas y los aldehídos representan un sabor básico, los esterres que originan un sabor a fruta. Así mismo el grado de astringencia del chocolate, está determinado por los compuestos polifenólicos y el amargor por las purinas (cafeína y teobromina), el complejo polipéptidos fenoles y pirazinas, intervienen en el sabor a dulce y nuez (Jeanjean 1995).

Para determinar la calidad del cacao, se procede a realizar cataciones mediante pruebas de sabor y aroma, lo cual normalmente para ser agradable y de buena aceptación debe tener sabor a fruta, nueces, malta o un aroma floral. La calidad también es determinada en los laboratorios, buscando la relación theobromina-cafeína que sea menor de seis. Mientras menor es la relación, mejor es la calidad, pues todo indica que el contenido de cafeína es alto.

**F) Daños mecánicos o de enfermedades y grado de fermentación:** para obtener un chocolate de calidad, se deben seleccionar granos que estén sanos y sin daños mecánicos los problemas más frecuentes en la fermentación son:

**Granos pizarrosos:** Se reconocen por su característico color pizarra y textura de queso (el chocolate preparado con estos granos es de color gris oscuro, extremadamente amargo y astringente y ausente de sabor. Son granos que se secan antes de que se haya iniciado cualquier proceso de fermentación. Ocurren cuando hay una mezcla inadecuada de la masa de almendras. **Granos mohosos:** Los mohos internos constituyen uno de los defectos más graves porque, aún en pequeña proporción, dan lugar a malos sabores (rancio, pasados o a rincón). Algunos mohos pueden originar sustancias dañinas para la salud pública (micotoxinas). Los mohos generalmente se forman cuando el secado es lento o muy prolongado, cuando no se revuelve bien o cuando su contenido de humedad es mayor del 8%. **Granos germinados:** es un defecto que se origina antes de la fermentación y normalmente ocurre cuando las mazorcas se cosechan sobremaduras. Los granos que ya están germinados o se germinan al comienzo de la fermentación, lo que ocurre es que el germen del grano se desprende dejando un hueco redondo en la testa o cascarilla y queda predisposto a ser invadido por hongos o al ataque de insectos.

**Granos planchos o arrugados:** Son granos imperfectamente desarrollados con muy poco contenido de almendra (se conoce comercialmente como pasilla). Su presencia merma el rendimiento y es necesario separarlos por medio de zarandas o máquinas clasificadoras.

Almendras marrón o violeta, indican una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado y una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es regular pero aprovechable para producir chocolate. Almendras violetas: son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido.

Pinto y Álvarez (2001) y Calderón (2002), señalan que el porcentaje de fermentación se lo determina mediante la “prueba de corte” utilizada a nivel mundial para evaluar el grado de fermentación del cacao. Moreno y Sánchez (1989) y Stevenson, Corven y Villanueva (1993), manifiestan que para determinar el grado de fermentación mediante la “prueba de corte” esta debe realizarse no más de treinta días después del secado, para evitar la oxidación de las almendras.

#### **4.11 Análisis químico**

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se pueden citar el tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado. Los principales constituyentes químicos del cacao son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos.

**A) PH:** Hernández (1991), indica que la pulpa fresca tiene un pH de 3,4 a 4,6. En la misma etapa el pH de los cotiledones es de 6,6. Debido a que la testa es permeable al ácido acético, este pasa al interior del cotiledón y al tercer día mata el embrión y baja el pH a 4,8 durante el resto de la fermentación y secado el pH sube y por lo general es de 5,5 en los granos secos (Wood 1982).

El pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 5,1 a 5,4; cualquier cacao con un pH menor a 5,0 indica presencia de ácidos no volátiles indeseables que dan al producto aromas desagradables, que perjudican a la producción

del chocolate (Armijos 2002). El propósito de este método es medir los cambios en la pulpa y en el cotiledón de almendras de cacao durante los procesos de fermentación y secado; también sirve para medir el PH en almendras secas.

**B) Acidez titulable:** el contenido de ácidos orgánicos, compuestos que aportan a la acidez del perfil sensorial del cacao, varía entre el 1.2% y 1.6%. Algunos, entre ellos el acético, cítrico y oxálico, se forman durante la fermentación (Armijos 2002). Para validar de alguna forma la acidez otorgada al grano, los jueces con respecto a este parámetro, la acidez titulable debe ser evaluada en laboratorio.

#### **4.12 Tostado de las almendras de cacao**

De acuerdo a Ramli, citado por Bin Hasny (2012) el tostado es considerado como la operación tecnológica más importante en el procesamiento de los granos de cacao, se lleva a cabo con el propósito de facilitar la eliminación de la cascarilla y para que los precursores del sabor (azúcares, aminoácidos, y otros que se forman durante la fermentación) se combinen y produzcan los olores y sensaciones típicas del sabor a chocolate y otras notas sensoriales como: sabor floral, frutal y nuez, dependiendo del tipo de cacao (Amores 2004).

El tostado convectivo es el método más común usado en el tratamiento térmico de los granos de cacao (Krysiak 2006), se realiza en tostadores continuos tipo tambor de revolución, en donde se exponen los granos de cacao a un rango de temperatura de operación entre los 120 a 140 °C de 0.25 a 2 horas (Beckett 2009). Principalmente de las variables; tiempo, temperatura, tamaño y grado de humedad con la que ingrese el grano dependerán las propiedades de los granos tostados, así como; la concentración de compuestos volátiles, el sabor, acidez total y contenido de grasa, según (Krysiak 2006); esta última debido a que las habas rotas dejan escapar la manteca de cacao a través de las células lesionadas, disminuyendo el rendimiento productivo, en tanto que la acidez se ve afectada debido a la reducción de las concentraciones de ácidos volátiles, tales como el ácido acético pero no los ácidos no volátiles tales como el oxálico, cítrico, ácido tartárico, succínico y láctico (Ramli 2006).

Los cambios que ocurren en el tostado de las almendras son: el agua y el ácido acético se eliminan, y de los precursores desarrollados durante la fase anaerobia hidrolítica y de la fermentación, se producen, o se completa la formación, de las sustancias aromáticas características del chocolate. Las almendras de cacao tostadas contienen alrededor de 2.5% de agua, pero solamente pequeñas cantidades de sustancias aromáticas. Según Queiroz (1999) el aroma envuelve un gran número de constituyentes orgánicos con diferentes estructuras químicas y diferentes propiedades, estando presentes en los alimentos generalmente en nivel de trazas. Además, son compuestos termolábiles que pueden a cualquier aumento de temperatura ser reordenados o sufrir ciclación.

Así como tantos otros sabores de ocurrencia natural, el sabor de chocolate es el resultado de una mezcla compleja de un gran número de compuestos, siendo así imposible caracterizarlo por un único componente. Según estudios expuestos por Chichester (1988); durante el tostado, el contenido de aminoácidos libres se reduce a aproximadamente 50% del nivel inicial, acompañado por una reducción del 90% en el nivel de azúcares reductores. Las pirazinas además de ser uno de los compuestos más formados, se ha sugerido desde muy temprano que son una de las causas más importantes del aroma a chocolate. Reineccius (2006) mostró que durante el tostado de 100g de almendras de cacao, cerca de 1g de aminoácidos y azúcares son consumidos vía Reacción de Maillard, pero solamente 142-698 g de pirazinas son formadas, sin embargo el aroma producido es extremadamente importante.

#### **4.13 Limpieza**

La cantidad de testas (cutícula de las almendras) que hay en cacao tostado es alrededor de 12%, y como 1% de embriones. Se separan de los cotiledones, primeramente quebrando las almendras para formar gránulos, y luego pasando éstos a través un cilindro que gira y que está provisto de una serie de tamices clasificadores. Lo que queda se somete a una corriente de aire, el cual por succión quita las testas (Hardy 1961).

#### **4.14 Molienda**

Los molinos de cacao se encargan de transformar el grano de cacao seco en masa de cacao. Para obtener el polvo fino y seco de cacao se extrae la manteca del cacao, luego se muele la torta comprimida y finalmente se obtiene el cacao en polvo. La manteca de cacao se extraerá sólo en forma mecanizada. Según el grado de extracción de la manteca se habla de cacao “muy desgrasado” o “poco desgrasado” que tiene las siguientes características; categorías comerciales de cacao en polvo: cacao poco desgrasado/cacao en polvo: 20-24% de manteca de cacao máx. 5% de agua, cacao muy desgrasado/cacao en polvo: 10-12% de manteca de cacao máx. 5% de agua.

#### **4.15 Catación**

Para la prueba de sabor se necesita 1 kilogramo de muestra. Debe realizarse el análisis de las propiedades físicas y la acidez. La mayor parte de la muestra para esta prueba será preparada en licor de chocolate.

#### **4.16 Elaboración de bombones de chocolate**

Los procesos de elaboración de chocolates generalmente comparten características comunes como: mezclado, refinado, conchado de la pasta de chocolate, temperado, moldeado, el resultado final es un producto de textura delicada, considerado deseable durante la percepción oral (Hardy 1961).

**A) Mezclado:** la masa de cocoa, mezclada con azúcar, se muele en un molino especial conocido como “mezclador”, que consiste de dos rodillos de granito que giran en dirección opuesta, sobre una palangana de metal que tiene un asiento de granito. Hay un serpentín de vapor que ayuda mantener la masa derretida, pero también contribuye a ello el calor que se produce por la fricción. Algunas veces se agrega lecitina para aumentar la

fluidez. La masa se muele a un más en un molino se alta velocidad o máquina de amasar, cuyos rodillos tienen enfriamiento interno con agua. En esta etapa prosigue una absorción de grasa a agregar azúcar.

**B) Refinado:** la masa se pasa luego por un refinador que tiene dos juegos de rodillo que se mueven a diferentes velocidades. En esta etapa se reduce considerablemente el tamaño de las partículas.

**C) Conchado:** la concha consiste en una especie de plato grande en forma de concha, sobre cuya superficie, de granito pulido, se mueve un rodillo de granito operado mediante un manubrio; el rodillo avanza hacia delante y hacia atrás, empujando la masa sobre el lecho. La temperatura de la concha puede regularse por medio de serpentinas de vapor. Para barras corrientes de cocoa la temperatura es entre 70 Y 90°C y para chocolate con leche entre 40°C y 60°C. la duración de este proceso es largo, pudiendo ser de 2 a 4 o 5 días. La finalidad de este proceso es producir la característica textura aterciopelada. Además elimina las últimas cantidades mínimas de ácido acético y sus ésteres, lo mismo que otras impurezas gaseosas. En esta etapa se agregan distintas sustancias de sabor tales como vainilla, canela, esencia de limón, nueces, etc. En las operaciones 1 y 4 se agrega cantidades extras de grasas.

**D) Atemperado:** el producto final se enfría lentamente en la concha y se guarda hasta que se necesite para la manufactura de barras o para revestimientos. Las barras de chocolate se hacen en moldes de acero, los cuales se hacen trepidar violentamente en una mesa vibradora de acero, con el fin de eliminar las burbujas de aire.

**E) Moldeado:** las barras de chocolate se hacen en moldes de acero, los cuales se hacen trepidar violentamente en una mesa vibradora de acero, con el fin de eliminar las burbujas de aire. Los moldes se enfrían lentamente en una cámara refrigeradora. Una vez solidificadas las barras de chocolate se tiene una superficie lisa y pulida (Hardy 1961).

#### **4.17 Análisis sensorial de los bombones de chocolate**

Siempre que se habla de calidad sensorial es preciso distinguir las características organolépticas que poseen los alimentos. Entre ellas podemos mencionar a la apariencia relacionada con la forma y especialmente en el color, textura que tiene que ver con las sensaciones que se manifiestan a través del tacto y la tensión; y el sabor, característica organoléptica en la que básicamente el presente estudio se centrará; que está caracterizada por el aroma, que resume las impresiones de agrado percibidas por vía indirecta a través del órgano olfativo; y el gusto. Para muchos el sabor es la principal razón que permite a las personas disfrutar de los alimentos. La generación de un sabor determinado depende de ciertos compuestos químicos básicos, entre los que se destacan a los ácidos grasos, cetonas, lactonas, aldehídos, ácidos orgánicos, alcoholes y ésteres (SALTOS 2010).

##### **4.17.1 Los sabores más frecuentes que se pueden encontrar en una degustación en licores de cacao, son los siguientes:**

**A) Sabores básicos:** Acidez, se la describe como un sabor ácido, debido a la presencia de ácidos volátiles y no volátiles y se la percibe a los lados y al centro de la lengua, se lo puede relacionar con las frutas cítricas y vinagre. Amargor, sabor fuerte, generalmente debido a la falta de fermentación. Se percibe en la parte posterior del paladar o en la garganta, se lo relaciona con el café, cerveza caliente y la toronja. Astringencia, más que un sabor es una sensación que causa una contracción de la superficie de las mucosas de la boca, dejando una sensación seca y áspera en la lengua, además produce salivación generalmente debido a la falta de fermentación y se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. La referencia es cacao no fermentado, inicialmente se percibe un sabor floral pero después es amargo, parecido a al sabor de las hojas de plátano. Dulce, este sabor es percibido en la punta de la lengua. Salado, se percibe a los lados de la lengua y produce salivación.

**B) Sabores específicos:** cacao, describe el sabor típico a granos de cacao bien fermentados, tostados y libre de defectos. Referencia barras de chocolate de cacao fermentado. Floral, son aquellos licores con sabor y aroma a flores, casi perfumado. Referencia flores de cítricos. Frutal, caracterizan licores con sabor a fruta madura. Esto describe una nota de aroma a dulce agradable. Referencia cualquier fruta seca o cacao fresco almacenado. Nuez, se describe como un sabor similar a la nuez, característico de los cacaos tipo Criollos y Trinitarios.

**C) Sabores adquiridos:** moho, describe licores con sabor mohoso, generalmente debido a una sobre fermentación de las almendras o a un incorrecto secado. Referencia sabor a pan viejo o musgo. Crudo/verde, se presenta con aroma desagradable, generalmente debido a la falta de fermentación o falta de tostado.

## **IV MATERIALES Y METODO**

### **5.1 Descripción del sitio de la investigación**

La investigación fué realizada en la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), ubicada en la Lima, Cortes, Honduras, C.A. aproximadamente 15 km al sur este de la ciudad de San Pedro Sula, con una altura de 28 msnm. y una temperatura promedio de 30- 35 °C.

### **5.2 Materiales y equipo**

Se usaron materiales como desgarradora o tijera podadora, vara cosechadora, bolsas de saco transportadoras, pesa, báscula digital, pie de rey, partidora de mazorca, navaja, pala de madera, rastrillo de madera, parihuelas de madera, cajas fermentadoras, bandejas metálicas, utensilios, moldes, útiles, cámara digital, computadora, recipientes para muestra,

También se usó de equipo como un fermentador, secador al aire libre, molino, transporte, medidor de pH, determinador de humedad, termómetro, descascarillador, horno tostador y encubador, guillotina.

### **5.3 Método**

Las muestras se recolectaron en la estación experimental de la FHIA, en La Masica, Atlántida, a 38.63 km de la ciudad de la Ceiba, en una zona de vida de bosque húmedo tropical, a 18 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio anual de 25.5°C y una precipitación pluvial promedio de 3,477 mm/año el método investigado fue adoptado de Ecuador para fermentar y mejorar la calidad del cacao cultivado en Ecuador es una especie creada allí, el CCN-51, que el

agrónomo Homero Castro obtuvo en 1965 a partir del cruce de otras variedades este método se basa en el pre-secado de la masa de cacao, antes de iniciar el proceso de fermentación.

El procedimiento realizado consistió en tender el cacao en baba recién salido de la mazorca al sol por un espacio de 4 a 5 horas en parihuelas de madera, con un espacio aproximado de medio centímetro, para el escurrimiento y permitir que se secase el mucilago y que se calentara la masa de cacao. Luego se colocó la masa de cacao en sacos de malla plástica (también se puede con sacos de yute), protegido del aire frío en plásticos o sacos, en este caso se protegió con hojas de plátano por dos días, antes de pasarlo a un cajón fermentador, donde permaneció por 3 días. En Ecuador le dan más tiempo de precalentado ya que estamos hablando de cacaos ácidos. Con este método se reduce la acidez en el sabor del cacao final. Al eliminarse el mucilago, se produce menos etanol y ácido acético (vinagre) logrando un buen sabor del cacao CCN-51.

## **Fermentación**

Luego se procedió a la fermentación, para esto el cacao orgánico se trasladó desde Guaymas, y se pasó a la fermentación el mismo día, el cacao convencional se obtuvo de la estación experimental de la FHIA ambas recibieron presecado pero se partió el tercer día comparándolas con el protocolo utilizado normalmente en FHIA, la diferencia es que no lleva el tratamiento de precalentamiento en baba.

## **Análisis físico**

Para determinar los parámetros físicos se documentó el nombre y tipo del material genético del cacao, origen, persona responsable del análisis, fecha de cosecha, protocolo que se usó en el beneficiado, código de laboratorio.

Seguido de eso se utilizó una balanza digital para medir peso en diferentes dimensiones, para esto se utilizó una muestra de 300 gramos, de la cual se analizó la apariencia y olor del material,

consecutivamente se midió el porcentaje de humedad. De los 300 gramos se tomó una muestra de 100 gramos y luego se procedió a contar el número de granos de tal muestra, seguidamente se tomó el peso de 100 almendras, índice de grano, consecutivamente los 300 gramos se seleccionaron por tamaño (granos grandes, medianos, pequeños, pasas, vanas y múltiples. Posteriormente de los grupos grandes, medianos y pequeños) se seleccionaron 10 granos de cada uno para para tomar su peso y sus dimensiones (largo, ancho y grosor). Al final se le realizó a los granos una prueba de corte identificar su olor apariencia identificando así su grado de fermentación.

La siguiente fase fue el tostado con la misma cantidad de muestra del análisis físico, posteriormente se procedió al molido hasta obtener el licor de cacao, una vez obteniendo se describe su sabor y su olor.

#### **5.4 Manejo del experimento**

El primer experimento se llevó a cabo con la evaluación de tres tipos de cacao: cacao orgánico precalentado, convencional precalentado y protocolo FHIA, iniciando desde la cosecha hasta llegar a producto terminado. En cada tipo de cacao se hicieron cuatro repeticiones y se utilizaron 150 libras donde se midieron una serie de variables tanto físicas como químicas hasta la elaboración del chocolate (tabla 1).

En el segundo experimento se elaboraron dos repeticiones en La Masica Atlántida y dos La Lima Cortes, donde se evaluó la eficiencia del fermentado de acuerdo al lugar de beneficiado por medio de microfermentaciones de 7 libras, midiendo también variables físicas y químicas de la almendra hasta llegar al licor de cacao.

**Tabla 1.** Presecado de cacao orgánico y convencional

<b>Repeticiones</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo de cacao</b>	<b>Tiempo de presecado</b>
<b>R1</b>	<b>T1</b>	Cacao Orgánico partido el 1 día	5 horas
<b>R1</b>	<b>T2</b>	Cacao Convencional partido el 3 día	5 horas
<b>R2</b>	<b>T3</b>	Cacao Orgánico partido el 1 día	5 horas
<b>R2</b>	<b>T4</b>	Cacao Convencional partido el 3 día	5 horas
<b>R3</b>	<b>T5</b>	Cacao Orgánico partido el 1 día	5 horas
<b>R3</b>	<b>T6</b>	Cacao Convencional partido el 3 día	5 horas
<b>R4</b>	<b>T7</b>	Cacao Orgánico partido el 1 día	5 horas
<b>R4</b>	<b>T8</b>	Cacao Convencional partido el 3 día	5 horas

Se aplicó un diseño completamente al azar en el presecado. En este caso solo se utilizaron dos tratamientos precalentado para el cacao orgánico y precalentado para el cacao convencional, los cuales se compararon con el método que se hace actualmente en FHIA el cual comenzara en la fermentación (tabla 2).

### **Presecado y análisis fisicoquímico**

#### **Modelo matemático lineal**

$$Y = \mu + A + B + A * B + \epsilon$$

**Y**= la calidad de las características fisicoquímicos del cacao y el chocolate final (bombones de chocolate).

**μ**: media general

A= Efecto del presecado sobre las características fisicoquímicas del cacao orgánico partido el primer día y convencional partido el tercer día y del chocolate final.

$\epsilon$ : error experimental

**Tabla 2.** Fermentación de cacao orgánico, convencional y protocolo FHIA.

<b>Rep.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Tipo de cacao</b>	<b>Tiempo de remoción/horas</b>
<b>R1</b>	<b>T1</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	24
<b>R1</b>	<b>T2</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	24
<b>R1</b>	<b>T3</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	24
<b>R2</b>	<b>T4</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	24
<b>R2</b>	<b>T5</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	24
<b>R2</b>	<b>T6</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	24
<b>R3</b>	<b>T7</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	24
<b>R3</b>	<b>T8</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	24
<b>R3</b>	<b>T9</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	24
<b>R4</b>	<b>T10</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	24
<b>R4</b>	<b>T11</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	24
<b>R4</b>	<b>T12</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	24

Se aplicó un diseño completo al azar donde el factor a evaluar era tiempo de remoción, se realizaron tres tratamientos y cuatro repeticiones. El primer tratamiento fue el cacao orgánico presecado partido el día uno, el segundo fue el cacao convencional presecado partido el día tres y el último el protocolo realizado actualmente en FHIA partido el día tres.

A las cuatro repeticiones y a los tres tratamientos se les realizó análisis fisicoquímico y se elaboró licor de cacao (Ver tabla 3).

## Fermentación cacao presecado orgánico, convencional y protocolo FHIA

### Modelo matemático lineal

$$Y = \mu + A + B + A * B + \varepsilon$$

**Y**= la calidad de las características fisicoquímicos del cacao y el chocolate final (bombones de chocolate).

**μ**: media general

**A**= Efecto de la cantidad de remociones sobre las características fisicoquímicas del cacao orgánico partido el primer día y convencional partido el tercer día y del chocolate final.

**ε**: error experimental

**Tabla 3.** Análisis fisicoquímico de cacao orgánico, convencional y protocolo FHIA

<b>Rep.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Tipo de cacao</b>	<b>Análisis</b>
<b>R1</b>	<b>T1</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	Fisicoquímico
<b>R1</b>	<b>T2</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R1</b>	<b>T3</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R2</b>	<b>T4</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	Fisicoquímico
<b>R2</b>	<b>T5</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R2</b>	<b>T6</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R3</b>	<b>T7</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	Fisicoquímico
<b>R3</b>	<b>T8</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R3</b>	<b>T9</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R4</b>	<b>T10</b>	Cacao Orgánico Presecado partido el 1 día	Fisicoquímico
<b>R4</b>	<b>T11</b>	Cacao Convencional Presecado partido el 3 día	Fisicoquímico
<b>R4</b>	<b>T12</b>	Protocolo FHIA partido el 3 día	Fisicoquímico

Se continuó con el diseño completo al azar ya que solo se evaluó el factor tipo de cacao con cuatro tratamientos, dos en cada lugar.

En el segundo experimento se realizaron microfermentaciones de 7 libras cada una, se realizaron dos repeticiones en La Masica Atlántida y dos en Lima, para comparar la calidad del beneficiado de acuerdo al lugar y estado de madurez. (Ver tabla 4)

**Tabla 4.** Microfermentaciones de cacao convencional

<b>Repeticiones</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo de cacao</b>	<b>Lugar de beneficiado</b>
<b>R1</b>	<b>T1</b>	Cacao convencional	Lima
<b>R1</b>	<b>T2</b>	Cacao convencional	Lima
<b>R2</b>	<b>T3</b>	Cacao convencional	Masica
<b>R2</b>	<b>T4</b>	Cacao convencional	Masica
<b>R3</b>	<b>T5</b>	Cacao convencional	Lima
<b>R3</b>	<b>T6</b>	Cacao convencional	Lima
<b>R4</b>	<b>T7</b>	Cacao convencional	Masica
<b>R4</b>	<b>T8</b>	Cacao convencional	Masica

Se desarrolló un diseño completo al azar donde se tomaron en cuenta el lugar de beneficiado como factor de estudio. Se efectuaron dos tratamientos en cada zona, que consisten conocer la calidad de beneficiado en cuanto al lugar. El análisis fisicoquímico se realizó en las diferentes repeticiones y de acuerdo a los factores mencionados anteriormente (Ver tabla 5).

**Tabla 5.** Análisis fisicoquímico de microfermentaciones de cacao convencional

<b>Repeticiones</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Tipo de cacao</b>	<b>Análisis</b>
<b>R1</b>	<b>T1</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R1</b>	<b>T2</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R2</b>	<b>T3</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R2</b>	<b>T4</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R3</b>	<b>T5</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R3</b>	<b>T6</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R4</b>	<b>T7</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico
<b>R4</b>	<b>T8</b>	Cacao convencional	Fisicoquímico

### **Microfermentaciones cacao maduro y pintón**

#### **Modelo matemático lineal**

$$Y = \mu + A + B + A*B + \varepsilon$$

**Y**= la calidad de las características fisicoquímicos del cacao y el chocolate final (bombones de chocolate).

**μ**: media general

**A**= Efecto del lugar de beneficiado sobre las características fisicoquímicas del cacao convencional maduro, pintón y del chocolate final.

**ε**: error experimental

## 5.5 Variables evaluadas

**Temperatura de la masa de precalentamiento y fermentación:** la temperatura de la masa del precalentamiento fue medida en grados centígrados con un termómetro digital, este fue expuesto por cinco horas en unas parihuelas de madera, cada hora se monitoreaba la temperatura y se le hacía remoción a cada parihuela, la temperatura de la fermentación también fue tomada con termómetro digital, la masa de cacao estaba en cajas de madera pequeñas ,donde fue fermentada por 5 días consecutivos, tomando la temperatura en grados centígrados, cada día es decir cada 24 horas.

**Temperatura ambiente de precalentamiento y fermentación:** la temperatura ambiente en el precalentamiento fué medida con un termómetro digital, esta se monitoreaba en cada remoción es decir cada hora expresada en grados centígrados, igualmente la temperatura de fermentación, se tomó en grados centígrados, en cada remoción la cual era cada 24 horas.

**Humedad:** fué tomada en un medidor de humedad digital en porcentaje, obteniendo la media de cada muestra de 300gr del cacao precalentado orgánico, convencional y al protocolo realizado en FHIA.

**Temperatura del grano:** el calculador de humedad tambien mide la temperatura de las almendras, expresada en grados centígrados, fue realizada a cada muestra de cada tipo de cacao.

**Peso número de almendras en 100 gr:** de la muestra de 300 gr que se toma de cada tipo de cacao, se pesaron 100 gramos de almendras en una báscula digital, luego se contaron para determinar cuántas almendras de cacao hay en 100 gramos.

**Peso de 100 almendras:** con el número de almendras que se obtuvieron de los 100 gramos pesados, se agregaron más para ajustar las 100 almendras, esto se hizo en una báscula digital para obtener el peso de 100 almendras de cacao.

**Índice de grano:** este resultado se obtuvo de la división del peso de 100 almendras entre el número de almendras que hay en 100 gramos de cacao

**Ph:** se midió con un pHmetro digital el cual se tomó en el licor de cacao, es decir en cacao molido.

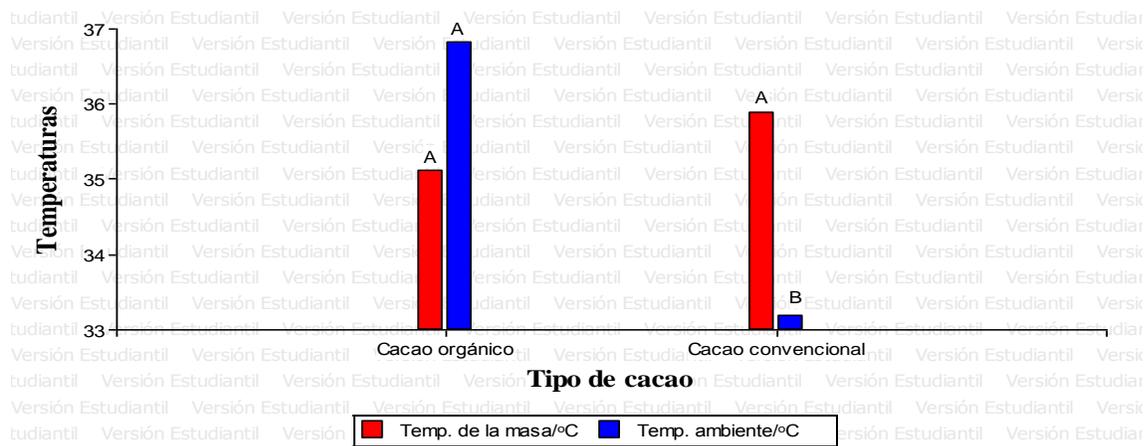
**Peso:** de una muestra de 300 gramos los granos se dividieron por categorías de calidad y por medio de un cuarteo, como ser, granos grandes, granos medianos, granos pequeños, granos pasa, granos vanos, granos múltiples, se pesaron en una balanza digital expresada en gramos, luego se tomó 10 almendras por cada tamaño, 10 almendras grandes, 10 almendras medianas, 10 almendras pequeñas, se tomó el peso de cada subgrupo, luego se unieron y se pesaron las 30 almendras seguidamente se descascarillaron y se pesaron los cotiledones y la cáscara.

**Dimensiones:** con un pie de rey se midieron las dimensiones de los subgrupos de almendras en grupos de 10 antes mencionados, almendra grande (largo mm), almendra grande (ancho mm), almendra grande (grosor mm), almendra mediana (largo mm), almendra mediana (ancho mm), almendra mediana (grosor mm), almendra pequeño (largo mm), almendra pequeño (ancho mm), almendra pequeño (grosor mm), como se puede ver todo expresado en milímetros.

**Porcentajes de fermentación:** con una guillotina con una capacidad de 50 almendras colocadas al azar se partieron por la mitad y se seleccionaron según porcentaje de fermentación y se clasifican de la siguiente manera; almendras pizarrosas, almendras con moho, de almendras bien fermentada, de almendras parcialmente fermentada según lo que salga y de acuerdo a los parámetros de fermentación mejor establecidos.

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**A) Presecado de cacao en baba:** en la figura 1 se muestra la evaluación del tratamiento de presecado, que consiste en perder el exceso de mucilago que queda en el grano de cacao, generalmente, bajo un sol intenso, de 5 a 7 horas; (CANACACAO 2013). La temperatura ambiente registrada durante el presecado de cacao orgánico y convencional evaluado en La Masica Atlántida, mostró diferencia estadística significativa, lográndose la temperatura más alta en el cacao orgánico con una media de 36.40 °C (Ver anexo 8). Los granos de cacao fueron expuestos al precalentamiento en diferentes tiempos por cinco horas al sol, a pesar de que el cacao orgánico alcanzo mayores temperaturas ambientales no se observó diferencia estadística significativa entre los tipos de cacaos en cuanto a la temperatura de la masa (semilla con pulpa) pesecada (Ver anexo 9). Según Hardy (1961), la temperatura generada en la masa de fermentación está relacionada con la temperatura ambiente. En este proceso aunque no haya habido diferencia entre las temperaturas de las masas, la temperatura ambiente obtenida ayudo a aumentar la temperatura de la masa final en comparación a la inicial, disminuyo el mucilago, se dieron cambios de color y aroma en el mucilago. El tiempo de exposición al presecado fue de 5 horas para los dos tipos de cacao, por lo que no se halló diferencia entre ellos (Ver anexo 10).

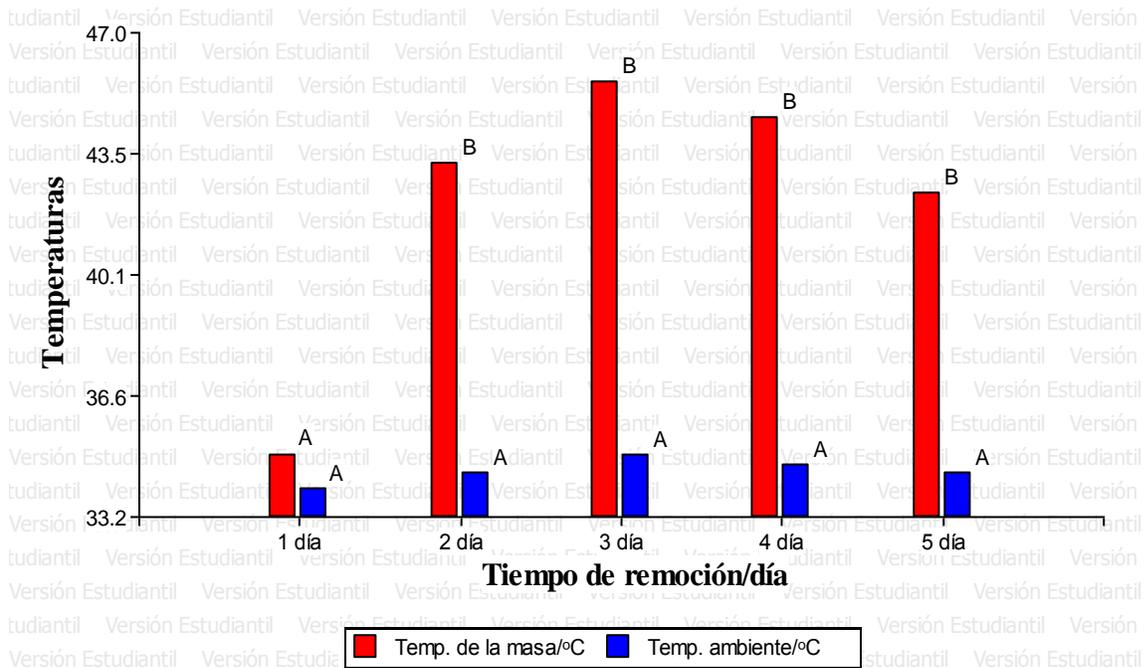


**Figura 1.** Presecado de cacao orgánico y convencional

**B) Fermentación de cacao presecado en baba:** la temperatura de la masa en la fermentación fue similar entre los tipos de cacao esto debido a que fueron expuestos en las mismas condiciones, excepto el tiempo de fermentado, que dependió de la cosecha realizada (Ver anexo 10). En cambio el tiempo de remoción produjo diferentes temperaturas en los tipos de cacao, la temperatura tomada en la primera remoción es diferente a las demás, en los siguiente días hubieron fluctuaciones de temperatura dentro de rangos similares entre los tipos de cacao (Ver anexo 11). Según Ramos (2004) un proceso de beneficiado para la producción de cacao de una buena calidad final, es de mucho cuidado tener en cuenta la relación entre la temperatura, la acción de los microorganismos y la presencia de oxígeno, con precisiones en la cantidad y el tiempo de las remociones. En cuanto a la temperatura ambiente se puede decir que fue similar en las diferentes remociones de los cacaos fermentados (Ver anexo 12).

La figura 2 muestra el comportamiento de la temperatura de la masa, en cuanto al tiempo de remoción de la fermentación cada 24 horas por 5 días, siendo igual para los tratamientos, y se puede observar que el protocolo realizado en FHIA fue el que obtuvo mayor temperatura en la masa de cacao y no recibió el proceso de presecado, teniendo mayor cantidad de mucilago. CONACACAO (2013), declara que la cantidad de mucilago ayuda a aumentar la temperatura y según Portillo, E. (2007) citados en la figura

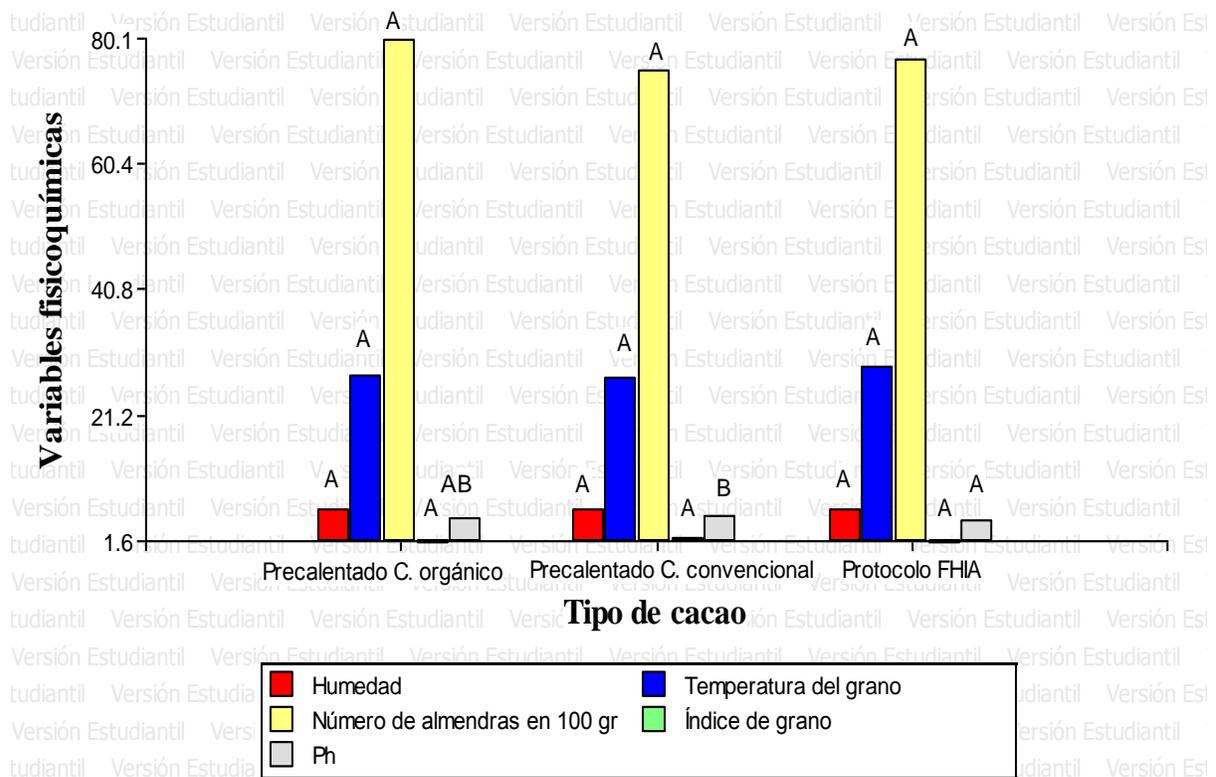
anterior ayuda a la proliferación microbiana y por ende aumenta la temperatura. Saltos *et al.* (2006) manifiesta que la remoción diaria permite un incremento más rápido de la temperatura y por lo tanto una fermentación más homogénea y de menor duración.



**Figura 2.** Fermentación de cacao presecado convencional, presecado orgánico y protocolo FHIA

**C) Análisis fisicoquímico de cacao seco:** iniciando por la humedad se puede demostrar que es estadísticamente igual en los tipos de cacao orgánico, convencional y protocolo FHIA (Ver anexo 12). Es así porque la humedad es adaptada a la conveniencia, o más bien a los parámetros de calidad exigidos por los interesados, así como también su durabilidad en almacenamiento. Los granos de cacao con una humedad menos de 8%, no acusará ningún olor atípico como a mohos o humo (Naturland 2000). La temperatura corporal de los tipos de cacao secos es estadísticamente igual, ya que una vez terminado el proceso de secado y obteniendo la humedad óptima, el cacao se enfría se elabora el análisis fisicoquímico y la temperatura es similar entre ellos (Ver anexo 13). Con respecto al número de almendras en 100 gr de cacao, estadísticamente no tiene diferencia en los cacaos, (Ver anexo 14).

En el índice de grano se observó estuvo similar, por tanto no es estadísticamente significativa (Ver anexo 16). El índice de grano tiene un comportamiento estadísticamente igual en los tres tipos de cacao. Enríquez (1966), Moreira (1994), indica que para el mercado del cacao es requisito indispensable que las almendras pesen mínimo 1,2 g cada una de ellas. Es decir que los tipos de cacao evaluados cumplen con los estándares de calidad establecidos, el cacao orgánico con 1.63, el cacao convencional con 1.80 y el protocolo FHIA 1.58. Una de las variables más importantes en este experimento es el ph, el cual nos muestra diferencia estadística significativa entre los cacaos evaluados y según las medias, con una confiabilidad del 98%, se puede afirmar que si hay diferencia entre ellos, el protocolo de FHIA es el que tiene el ph más bajo con una media de 4.63, el orgánico es estadísticamente igual al convencional y al protocolo FHIA y el convencional es similar al orgánico pero no al FHIA, al final lo importante es cuál de ellos fue el que tuvo el ph más alto y bajo qué condiciones, por lo que el convencional fue el que menor acidez presento con una medias de 5.20 (Ver anexo 17). Hernández (1991), indica que la pulpa fresca tiene un pH de 3,4 a 4,6. En la misma etapa el pH de los cotiledones es de 6,6. Debido a que la testa es permeable al ácido acético, este pasa al interior del cotiledón y al tercer día mata el embrión y baja el pH a 4,8 durante el resto de la fermentación y secado el pH sube y por lo general es de 5,5 en los granos secos (Wood 1982), los tipos de cacao que recibieron el tratamiento precalentado se asemeja a los valores de ph en los granos secos dichos por (Wood 1982), pero el ph del método convencional que consiste en la remoción de cacao cada 24 por 5 días sin antes precalentar la masa de cacao tiene valores de ph más bajos es decir que se obtiene un cacao un poco más ácido.(Ver figura 3).

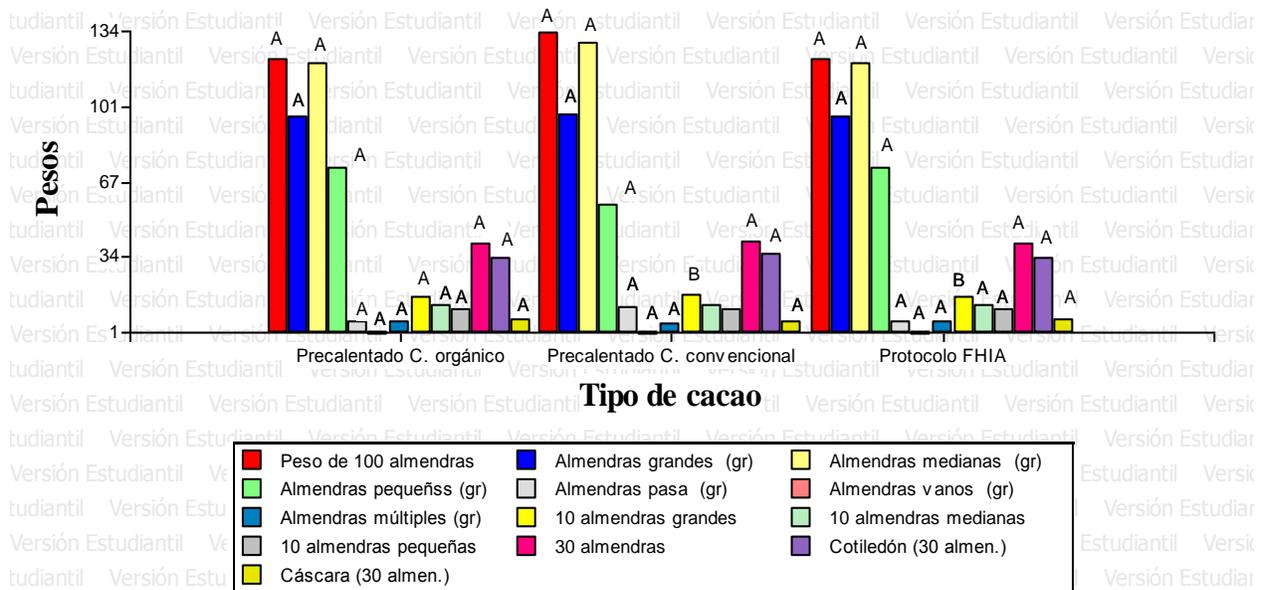


**Figura 3.** Análisis fisicoquímico de cacao presecado convencional, presecado orgánico y protocolo FHIA

De una muestra de 300 gramos, se evaluó el peso de las almendras de cacao de acuerdo al tamaño, y defectos como resultado de esto se obtuvo que el peso de 100 almendras no varía entre los tipos de cacao (Ver anexo 18). Y se puede decir que las almendras están dentro de los estándares de calidad sobre lo que es el peso. Ya que de acuerdo a los parámetros de calidad del grano del cacao exigidos por la Unión Europea, que son los que por lo general se toman como referencia en el comercio internacional del cacao, el tamaño mínimo permitido del grano (calibre) es de un gramo por grano (Paredes A.M. 2004). Los valores obtenidos en el peso de 100 gramos de granos de cacao presecado, excedieron a los señalados por la Norma COVENIN, N° 50 (1998), que establece para los granos comerciales de cacao, un peso promedio comprendido entre 100 a 120 g y catalogándolo como un tipo de cacao “Fino” (Álvarez C. *et al.* 2010). El peso de las almendras grandes obtenidas de 300 gramos, es estadísticamente igual es decir que no hubo diferencia entre los cacaos (Ver anexo 19). Así también no hay diferencia estadística significativa en la cantidad de granos medianos de una muestra de 300 gramos en los diferentes tipos de cacao (Ver anexo 20). La cantidad de granos pequeños en los cacaos es

estadísticamente similar (Ver anexo 21). Y por último las almendras pasas, vanas y múltiples encontradas en los tres tipos de cacao estuvieron en rangos similares por lo cual estadísticamente no es significativo (Ver anexo 22, 23, 24).

El peso de 10 granos grandes escogidas al azar, de una muestra de 300 gramos, fue diferente entre los tipos de cacao. Y según la prueba de medias con una confiabilidad del 95%, se encontró diferencia estadística, siendo el convencional el de mayor peso con una media de 17.43, ya el orgánico y el convencional son estadísticamente iguales (Ver anexo 25). Al determinar la diferencia estadística del peso de las almendras medianas y pequeñas de los tipos de cacao se verifico que no hay diferencia entre ellos (Ver anexo 26, 27). El peso tomado de 30 almendras, 30 cotiledones, y la cantidad de cáscara se puede afirmar estadísticamente que no existió diferencia estadística en los cacaos evaluados (Ver anexo 28, 29, 30), las fluctuaciones de las variables mencionadas son muy importantes ya que influyen en la validez como cacao de calidad (Ver figura 4).

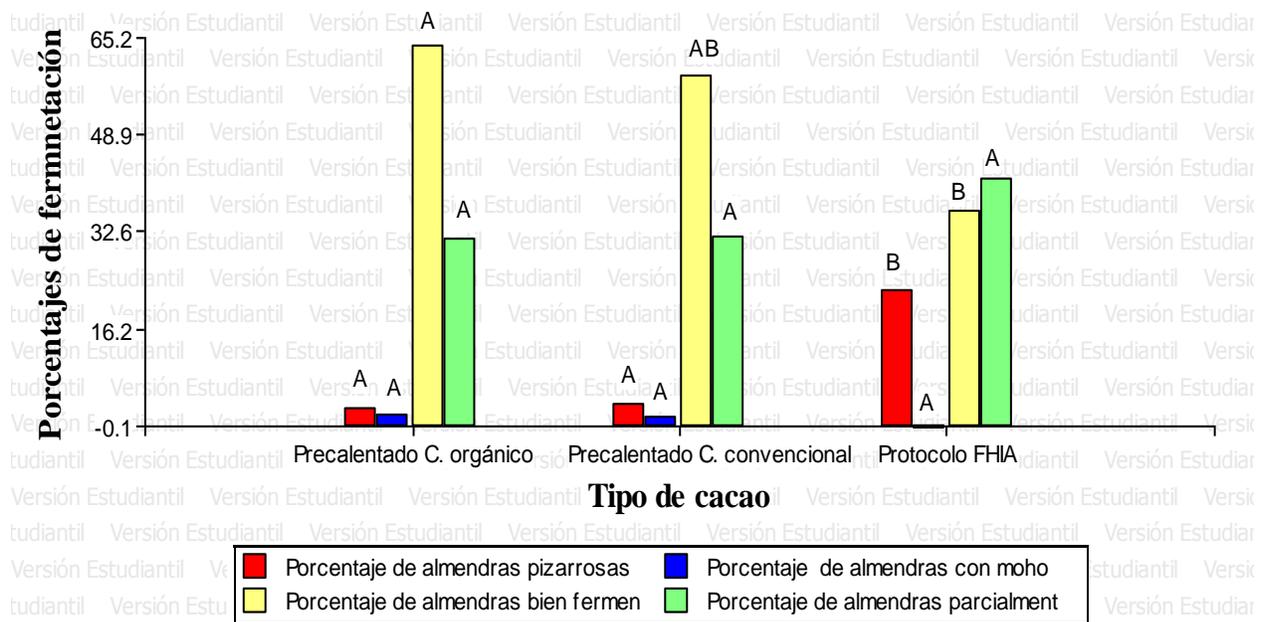


**Figura 4.** Separación por tamaño peso y defectos de 300 gramos de almendras de cacao.

En la prueba de porcentaje de fermentación, se encontró diferencia en las almendras bien fermentadas en los tipos de cacao. La prueba de medias con una confiabilidad del 95% de confiabilidad identifica el cacao orgánico con una media más altas que los demás de 63.83, pero comparado con el convencional no distingue diferencia estadística, el Protocolo FHIA es el que contiene la media más baja de fermentación, pero estadísticamente es contemplada igual al convencional (Ver anexo 31).

Al identificar las almendras pizarrosas en los cacaos evaluados, se encontró que hay diferencia estadística entre ellos. Según la prueba de medias con una confiabilidad del 95% de confiabilidad, el orgánico y el Precalentado C. convencional con medias de 1.19 y 1.25 son estadísticamente iguales, mientras que el protocolo FHIA, es estadísticamente diferente a los demás con una media de 3.10, esto nos dice que tuvo mayor porcentaje de almendras pizarrosas (Ver anexo 32). En cuanto a las almendras parcialmente fermentadas, y las con moho, no se encontró diferencia estadística significativa entre los cacaos (Ver anexo 33, 34).

Según Naturland (2000) las características del cacao de primera calidad, son las siguientes: Mínimo 70% de pepas bien fermentadas, humedad menos de 8%, no acusará ningún olor atípico como a mohos o humo. En el cacao de primera calidad se suele tolerar un máximo de 3% de pepas de cacao con mohos visibles, 3% de pepas sin fermentar y un máximo de 3% de pepas con plagas, germinadas o muy pequeñas. Para segunda calidad se tolera 5% de pepas con mohos visibles, 5% de pepas sin fermentar, 5% de pepas con plagas, germinadas o muy pequeñas. El porcentaje de fermentación de los tipos de cacao, y los tratamientos con los que se trabajaron el porcentaje de almendras bien fermentadas anda entre 36 y 63% lo cual no cumple con el porcentaje aceptado, igualmente sucede con las almendras pizarrosas y parcialmente fermentadas, las almendras con moho estan debajo de los porcentajes aceptados es decir que cumplen con los requisitos aprobados. La comercialización de la almendra de cacao se realiza con base en la calificación física de los granos, la que incluye la prueba de corte, utilizada a nivel mundial para evaluar el grado de fermentación del cacao (Calderón 2002) (Ver figura 5).

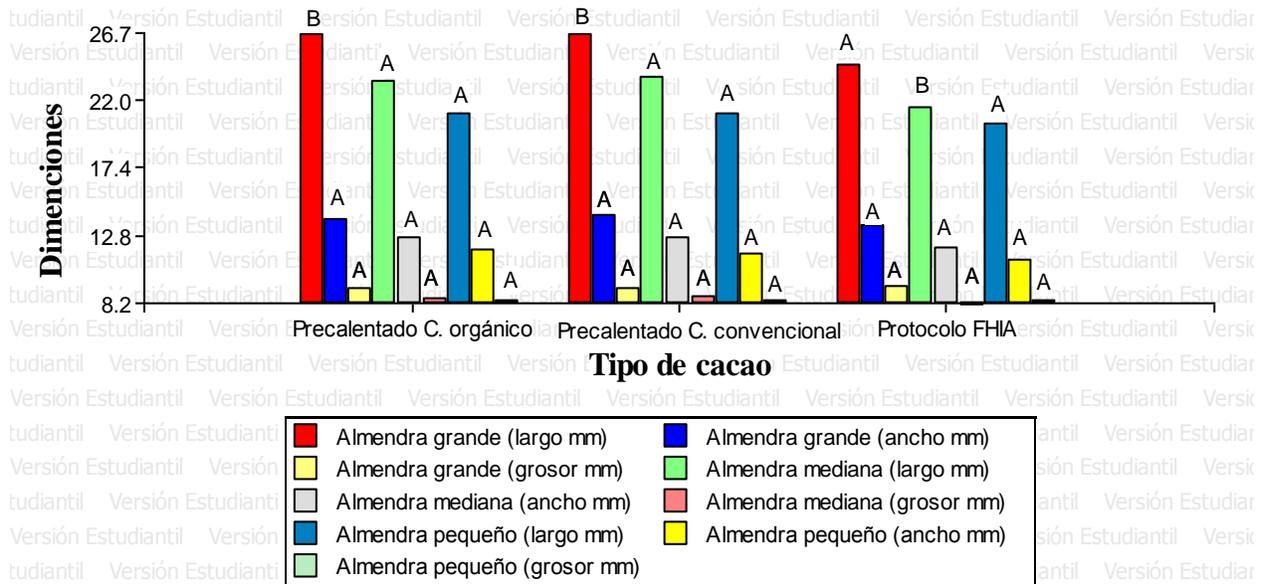


**Figura 5.** Análisis de corte del cacao presecado convencional, presecado orgánico y protocolo FHIA (Porcentaje de fermentación).

En la figura 6 el largo expresado en mm de 10 almendras grandes de una muestra de 300 gramos se encontró diferencia estadística en los diferentes tipos de cacao. Según la prueba de medias con una confiabilidad del 95%, el cacao que obtuvo la mayor media de largo fue el cacao convencional, pero aun así no tuvo diferencia estadística con el cacao orgánico, el protocolo FHIA es el que se diferencia del convencional y del orgánico media de 24.50 (Ver anexo 35). Se puede afirmar que no hay diferencia estadísticamente significativa en el ancho y grosor expresado en mm de 10 almendras grandes de una muestra de 300 gramos en los diferentes tipos de cacao (Ver anexo 36,37).

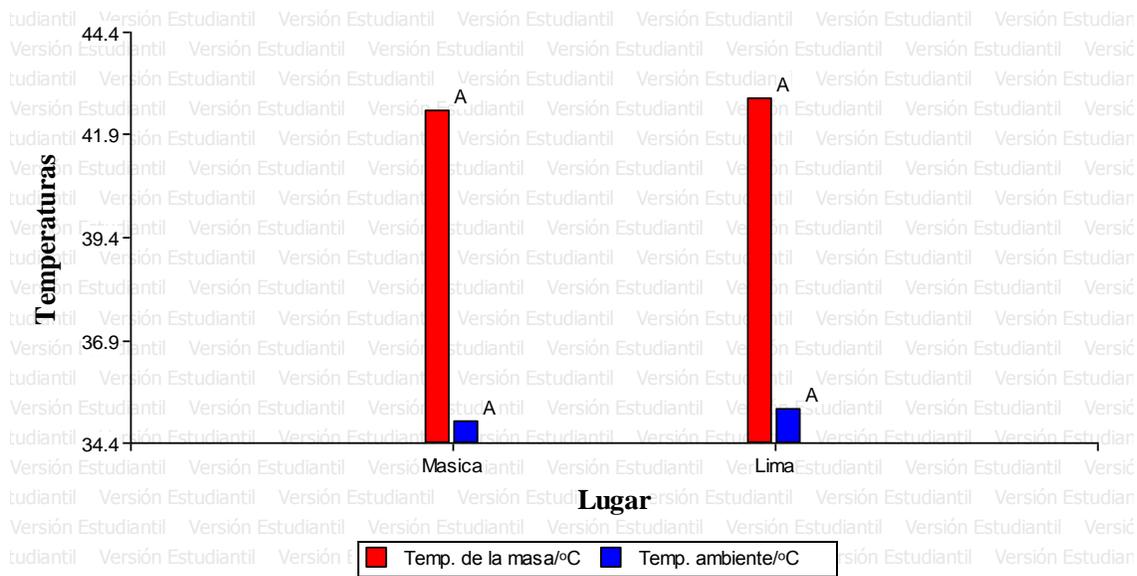
El largo expresado en mm de 10 almendras medianas de una muestra de 300 gramos tiene diferencias estadísticas entre los diferentes tipos de cacao. Contrario a la prueba de medias con una confiabilidad del 95%, que a pesar que en el análisis de varianza hay significancia en la prueba de medias no ocurre lo mismo (Ver anexo 38) en cuanto a lo largo y al grosor es estadísticamente igual entre los cacaos (Ver anexo 39, 40).

Las almendras pequeñas en sus diferentes dimensiones (largo, ancho y grosor) la tendencia fue similar entre los tipos de cacao es decir que no se obtuvo diferencia significativa (Ver anexo 41, 42, 43).



**Figura 6.** Dimensiones de almendras seleccionadas en grupos de 10 de acuerdo al tamaño

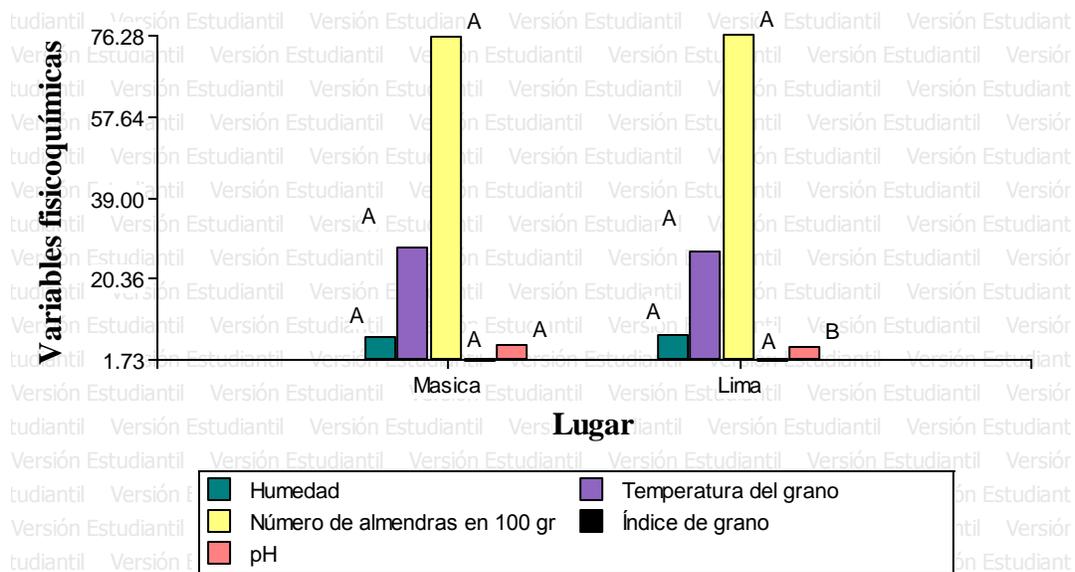
**D) Microfermentaciones:** el tiempo de remoción del cacao en las microfermentaciones se realizó cada 24 horas, independientemente del lugar de beneficiado, en vista de esto según el análisis estadístico afirma que no hay diferencia estadística del tiempo de remoción entre los cacaos beneficiados en lugares distintos, ya que el tiempo de remoción es un factor que puede decidirse de acuerdo a las prácticas de beneficiado (Ver anexo 44). La temperatura de la masa y la ambiente se comportaron similar en los distintos lugares de por lo tanto no hay diferencia estadística significativa (Ver anexo 45, 46).esto es debido a que la temperatura ambiente puede ser natural o creado en hornos o incubadoras de fermentado (Ver figura 7).



**Figura 7.** Microfermentación de cacao convencional maduro y pintón

La humedad, la temperatura corporal de la almendra de cacao, el número de almendras en 100 gramos, se comportaron de manera similar en los diferentes tratamientos realizados en Lima y Masica, en base a esto se puede decir que no hay diferencia estadística significativa de estas variables en los lugares de beneficio (Ver anexo 47, 48, 49).

El índice de grano es similar en los tratamientos realizados en los distintos lugares, no existe diferencia estadística significativa (Ver anexo 50). El pH es una factor muy determinante en la calidad y sabor de cacao en este caso si tubo diferencia estadística significativa en cuanto al lugar de beneficiado, el cacao convencional beneficiado en Lima resulto con mayor acidez que el realizado en la Masica, y según la comparación de medias con una confiabilidad del 95%, se puede afirmar que si hay diferencia estadística del lugar en cuanto al ph (Ver anexo 51). Según Armijos (2002) el pH óptimo para un cacao de calidad debe encontrarse en un rango de 5,1 a 5,4; cualquier cacao con un pH menor a 5,0 indica presencia de ácidos no volátiles indeseables que dan al producto aromas desagradables, que perjudican a la producción del chocolate (Ver figura 8).

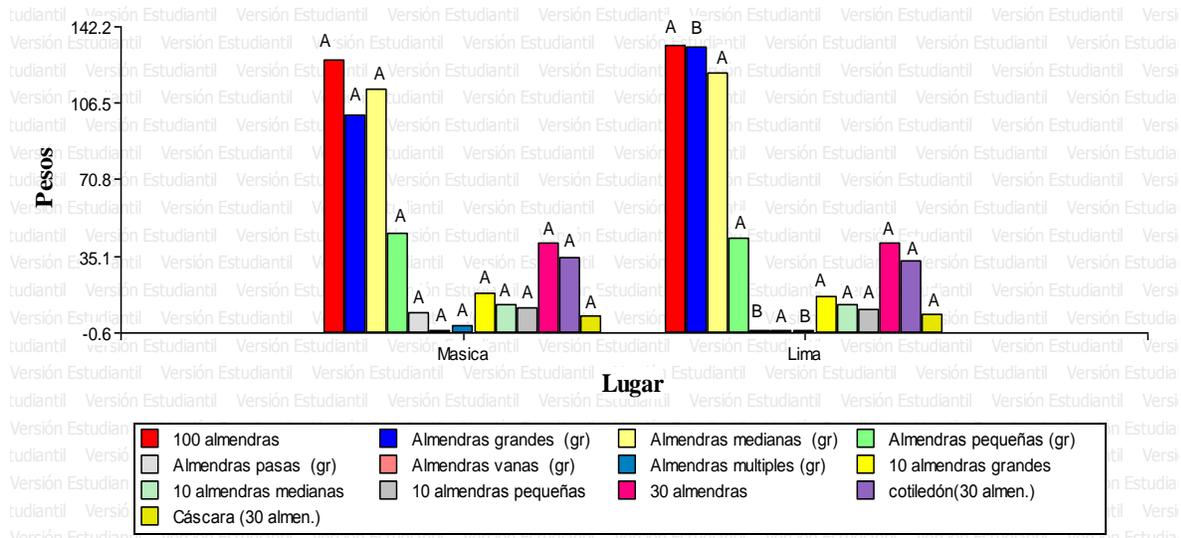


**Figura 8.** Microfermentación de cacao convencional maduro y pintón (análisis fisicoquímico).

En la figura nueve se puede apreciar que el peso de 100 almendras fue estadísticamente igual entre los cacaos beneficiados en La Lima y La Masica (Ver anexo 52). En el peso de los granos grandes de una muestra de 300 gramos se puede decir que hay diferencia estadística del lugar, alcanzando la lima el mayor peso con una media de 132.53 (Ver anexo 53).

El peso de almendras medianas, pequeñas, no difiere en los lugares de beneficiado, estadísticamente no hay diferencia (Ver anexo 54, 55) en el análisis de varianza no hay diferencia estadística de las almendras pasas pero según la comparación de medias con una confiabilidad del 95%, se puede afirmar que hay diferencia estadística del lugar en cuanto al peso de las almendras pasas de una muestra de 300 gr en cuanto al lugar de beneficiado, en Masica hubo mayor número de almendras pasas a diferencia de Lima no se tuvo ningún porcentaje de almendras pasas. (Ver anexo 56). Al evaluar las almendras vanas y múltiples se encontró que según el análisis de varianzas hay efecto significativo de acuerdo al lugar de beneficiado (Ver anexo 57, 58). Según la comparación de medias con una confiabilidad del 95%, se puede afirmar que hay diferencia estadística del lugar en cuanto al peso de las almendras múltiples y vanas (Ver anexo 58).

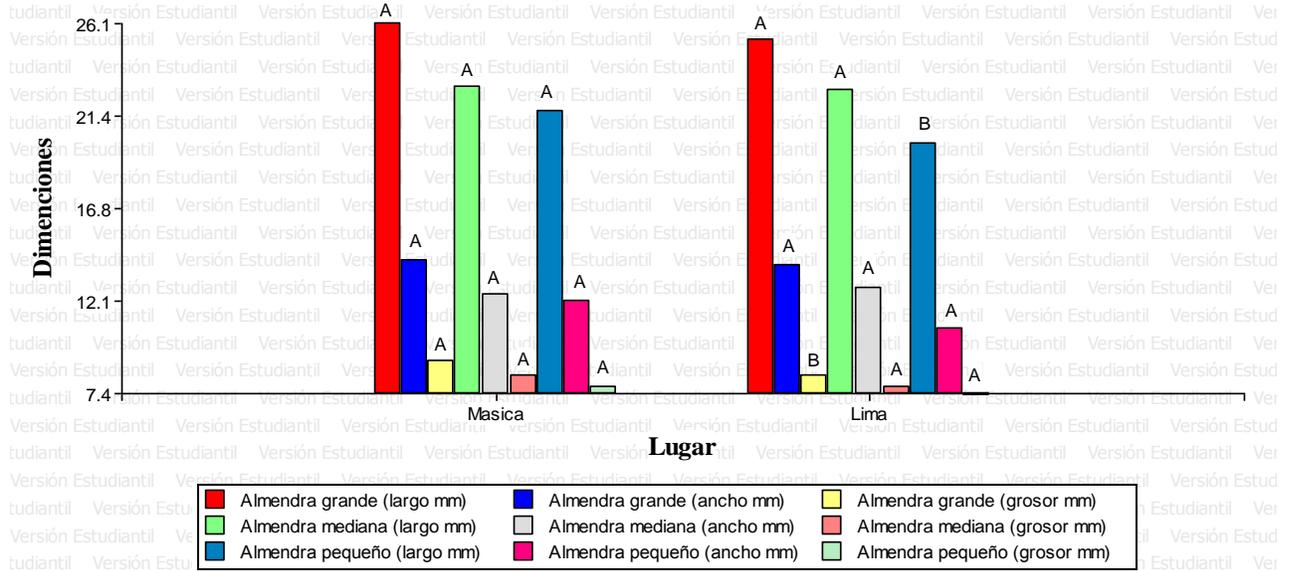
En el peso de 10 almendras grandes, medianas y pequeñas no hubo diferencia estadística cuanto al lugar de beneficiado (Ver anexo 59, 60, 61). El peso de 30 almendras, 30 cotiledones y su respectiva cáscara, se puede afirmar estadísticamente que no hay diferencia significativa en ninguno de los lugares de beneficiado(Ver anexo 62, 63, 64).



**Figura 9.** Análisis físico de cacao convencional maduro y pintón (variables de peso).

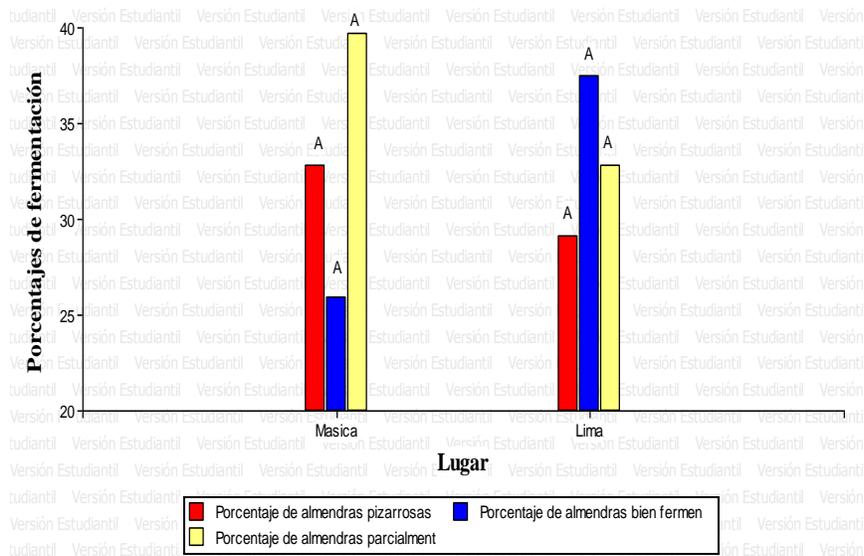
En la figura 10 se puede apreciar que el largo y ancho de 10 almendras grandes no difiere de acuerdo al lugar de beneficiado (Ver anexo 65, 66). El grosor de las almendras es diferente en los lugares de beneficiado. Según la comparación de medias con una confiabilidad del 95%, se puede afirmar que hay diferencia estadística del lugar en cuanto al promedio de grosor de 10 almendras grandes. (Ver anexo 67). También se puede decir que no hay diferencia estadística del lugar de beneficiado, en cuanto al promedio de largo, ancho y grosor de 10 almendras medianas (Ver anexo 68, 69, 70)

El largo de 10 almendras pequeñas, de una muestra de 300 gramos, fue diferente de acuerdo al lugar de beneficiado obteniendo la mayor anchura el cacao beneficiado en Masica (Ver anexo 71). El ancho y grosor de las almendras pequeñas fue estadísticamente igual en los diferentes lugares de beneficiado (Ver anexo 72, 73).



**Figura 10.** Análisis físico de cacao convencional maduro y pintón (dimensiones)

En la figura 11 El porcentaje de almendras pizarrosas, parcialmente fermentadas fue estadísticamente y bien fermentadas se comportaron igual en los diferentes lugares de beneficiado (Ver anexo 74, 75, 76).



**Figura 11.** Análisis físico de cacao convencional maduro y pintón (porcentajes de fermentación)

## VI CONCLUSIONES

El precalentamiento no mostro diferencias entre el tipo de cacao en cuanto a las variables físicas, siendo el pH el factor que presento mayor variabilidad de acuerdo al tipo de cacao.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se concluye que durante el proceso de fermentación es importante realizar el primer volteo a las 24 horas para obtener incrementos en la temperatura del grano para que se realice la fermentación anaeróbica completamente. Ya que frecuencia de las remociones tuvo efectos significativos en la fermentación del cacao, independientemente del tipo de cacao.

La temperatura ambiental tiene efecto directo sobre la fermentación y sobre el pre secado y secado de las almendras de cacao.

La temperatura ambiente tiene efecto sobre los cambios de pH durante el pre secado y secado y calidad final del grano.

En los diferentes métodos de fermentación, pre secado y secado no presento diferencia en cuanto a las características físicas del grano de los tres tipos de cacao.

La mejor calidad de grano se obtuvo con el grano tipo orgánico el cual presento el mínimo de defectos de calidad.

La microfermentaciones son fáciles de manipular y se obtienen resultados precisos debido a que los factores climáticos no tienen ninguna influencia, en cuanto a la parte de las características físicas.

## **VII RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar estudios para definir el tiempo y temperaturas de precalentamiento.

De igual forma realizar estudios sobre grosor de masa, temperaturas y tiempos de pre secado de la masa de cacao.

Se recomienda usar el protocolo de fermentación, pre secado y secado de acuerdo como lo ha desarrollado FHIA, el cual está en continuo mejoramiento para obtener el cacao de calidad exigido por el mercado gourmet.

## VI BIBLIOGRAFÍA

1. Agrobanco. 2012. Post cosecha en cacao .Revista técnica agropecuaria. p. 10-11.Disponible:  
en:[http://www.agrobanco.com.pe/pdf\\_cpc/REVISTAAGROPECUARIA5.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdf_cpc/REVISTAAGROPECUARIA5.pdf)
2. Álvarez, C. *et al.* 2010. Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Miranda). 87 p. Disponible en: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg10010>.
3. Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Ryan A (2008b). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48: 1-18.
4. Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza. CATIE N° 22. 240 p.
5. Armijos, A. 2002. “Características de la acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao L.*) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación”. (Tesis de Lic. en Químicas, Pontificia. Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador, 2002).
6. Asociación Naturland, 2000. Trópico y Subtrópico con el fin de obtener nuevos productos: cacao. Alemania 28 p.  
Disponible en: [www.naturland.de](http://www.naturland.de)
7. Amores, F., Saltos, A. sf. Influencia del presecado de las almendras sobre la evolución del ph y porcentajes de fermentación durante la época seca en las variedades de cacao CCN-51 y nacional influencia del presecado de las almendras sobre la evolución del ph y

porcentajes de fermentación durante la época seca en las variedades de cacao CCN-51 y Nacional. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 1 p. Disponible en:  
[http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INFLUENCIA\\_PRESECADO\\_ALMENDRAS\\_SOBRE\\_EVOLUCI%C3%93N\\_PH\\_PORCENTAJES.pdf](http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INFLUENCIA_PRESECADO_ALMENDRAS_SOBRE_EVOLUCI%C3%93N_PH_PORCENTAJES.pdf).

8. Bartley, B. 2005. The Genetic Diversity of Cocoa and its Utilization. First Edition, CABI Publishing, Oxfordshire-U.K. p. 337.
9. Batista, L.; 2009. Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana. Santo Domingo, República Dominicana. CEDAF, 2009. 250pp.
10. BCIE/CATIE. 1982. Informe de la situación actual y perspectivas del cultivo e industrialización del cacao en Centroamérica. Turrialba, C.R. 342 p.
11. Bin Hasny Muhamad 2012. “Optimisation of Cocoa Bean Roasting Conditions Based on the Development of Flavour Compound”, (Thesis, Faculty of Applied Science, Universiti Teknologi MARA).
12. Brito ES, Pezoa-García NH, Gallão MI, Cortelazzo AL, Fevereiro PS, Braga MR (2000). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L) during fermentation, drying and roasting. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81: 281-288.
13. Calderón, L. 2002. Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao* L.) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación con la calidad. Tesis Lic. en Química, Quito Ecuador, Pontificia Universidad Católica. 144 p.
14. Cheesman, E. E.; Pound, J. F. 1934. Further notes on criteria of selection in cacao. Imperial college of tropical agriculture. Annual Report on Cacao Research (Tri.). 3:21-24.
15. Chichester, C., Mrak, E. y Schweigert, B. 1986 *Advances in Food Research*, Primera Edición, Volume 30, Orlando-USA, p. 93, 221-231.

16. 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. *Agronomía Trop.* 54(2):219-232.
17. Counet, C., Ouwerx, C., Rosoux, D., & Collin, S. 2004. Relationship between procyanidin and flavor contents of cocoa liquors from different origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6243-6249. doi:10.1021/jf040105b.
18. Cros, E. 2000. Factores condicionantes de la calidad del cacao. CIRAD-CP, Maison de la Technologie, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia. Consultado el 21 de septiembre del 2009.
19. CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). República de Colombia FEDECACAO (federación nacional de cacaoteros) compilación de literatura.
20. Cros, E.; Mermet G.; Jeanjean N.; y Georges G. 1994. Relation précurseurs-développement de l'arôme cacao. In 11<sup>o</sup> Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, (11, 1993, Coted' Ivoire) Memorias, Lagos, Nigeria, Cocoa Producer's Alliance. 723 – 726 p.
21. \_\_\_\_\_ 2004 b. Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases Bioquímicas del perfil aromático. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15-17 nov. / 2004). Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador, 20 p.
22. Cubillos, 2008, et al. Manual de Beneficio del Cacao. Medellín (Antioquia), Colombia S.A., Octubre de 2008, 17p.
23. CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). República de Colombia FEDECACAO (federación nacional de cacaoteros) compilación de literatura.
24. Enríquez G. A. 1966. Selección y estudios de los caracteres de la flor, la hoja y la mazorca, útiles para identificación y descripción de cultivares de cacao. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICACATIE, 97 p.

25. \_\_\_\_\_1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza. CATIE N° 22. 240 p.
26. \_\_\_\_\_1993. Control de calidades durante un proceso productivo, Revista INIAP Quito, Ecuador. 2. (1): 3742.
27. \_\_\_\_\_1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, Costa Rica. Centro.
28. ENRÍQUEZ 2004. Cacao Orgánico, Guía para Productores Ecuatorianos. INIAP. Manual No. 54, Quito – Ecuador, 2004, Pág. 39 - 294
29. FHIA. 2008 Cacao. (en línea). Consultado el 14 de abril del 2013. Disponible en: <http://www.honduras.com/fhia/cacao.htm>.
30. Foros Nacionales calidad del cacao: insumos para una Estrategia Nacional (2009: Centroamérica) Calidad de Cacao en Centroamérica: Un vistazo a la situación en 2009.
31. FONIAP. Maracay Aragua. Boletín Divulgativo N° 66. 8 p. Consultado el 15 de noviembre del 2004. Disponible en: [www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd66/texto/calidadcacao.htm](http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd66/texto/calidadcacao.htm)
32. González, V. 2005. Cacao en México: Competitividad y medio ambiente con alianzas. INIFAP e IPRC para USAID: México.
33. Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli, M. Lemus y P. Parra. 2002. Efecto del mezclado de granos de dos tipos de cacaos sobre algunas características químicas durante la fermentación. *Agronomía Trop.* 52(3):325-342.
34. Graziani de Fariñas, L., L. Ortiz de Bertorelli, N. Álvarez y A. Trujillo de Leal. 2003. Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Trop.* 53(2):175-187.
35. Hardy F. Manual de Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba - Costa Rica, 1961, Pág. 439.

36. Hernández, T. 1991. Cacao, sistema de producción en la Amazonía peruana: prácticas de Postcosecha. Programa de Producción Agroindustrial y desarrollo Rural Alternativo UNFDACPNUD/OSP, Tingo María, Perú. p 5764.
37. IICA (Instituto interamericano de cooperación para la agricultura); USAID (programa de política económica y desarrollo de Agronegocios). 2004. Cultivo de cacao orgánico para la exportación: Perfil de proyecto del cultivo del cacao orgánico tecnificado. ed. Cotes, D.G.. Managua, Editarte. 48 p.
38. INIAP, 2009. Entorno Ambiental, Genética, Atributos de Calidad y Singularización del Cacao en el Nor Oriente de la Provincia de Esmeraldas. Boletín Técnico 135. Quevedo-Ecuador.
39. Jeanjean, N. 1995. Influence du genotype, de la fermentation et de la torrefaction sur le developpement de l'arôme cacao. These de doctorat. Universite Montpellier II. MontpellierFrance. 202 p. Disponible en [www.cacao.sian.info.ve](http://www.cacao.sian.info.ve).
40. Jiménez, J.C. 2003. Prácticas del Beneficio del Cacao y su Calidad Organoléptica, 12 p. Mimeografiado.
41. “Jornada de Capacitación UNALM-Agrobanco”. 2011. Universidad Nacional Agraria la Molina. 2011. Fertilización y post cosecha de cacao. Juanjui, Tarapoto, Perú. Agrobanco. 33 p.
42. Merizalde, G.M.; Correa, E.2008. Manual de Beneficio del Cacao Para: técnicos, profesionales del sector agropecuario y productores. Colombia S.A. 30 p.
43. Mejía, L.; Arguello, o. 2000. “fermentación y secado de los granos de cacao, Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao” Bucaramanga-Colombia.
44. Mora, L. E. 2012. Villalobos R.M., Orozco E.S. Comps. Turrialba, C.R: CATIE, 88 p. il. (Serie técnica. Reuniones técnicas-CATIE; no. 17)

45. Meyer, B.; M. Biehl, Bin Said and R. Samarakoddy. 1989. Post-harvest pod store: A method for pulp preconditioning to impar strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *J. Sci. Food Agric.* 48: 285-304.
46. Motamayor, J.C 2008. Proyecto cacao centroamericano magfcr.inta. actualidad y tendencias del germoplama de cacao en Nicaragua; Serie foros técnicos: modernización de la cacao-cultura de Centroamérica. MARS. 28 de mayo del 2008. IICA, Masaya. El CATIE. 30 P.
47. Moreno, L. J. y Sánchez, J. A. 1989. Beneficio del Cacao. Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas. Fascículo N° 6. 26 p.
48. Navarro, P. M.; Mendoza A.I. 2006. Cultivo del Cacao en Sistemas. Guía Técnica para Promotores. Río San Juan, Nicaragua. 76 p. disponible en: [http://iica.int.ni/Estudios\\_PDF/Guia\\_Cacao\\_Para\\_Promotores.pdf](http://iica.int.ni/Estudios_PDF/Guia_Cacao_Para_Promotores.pdf)
49. Lemus, M., L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli y A. Trujillo de Leal. 2002. Efecto del mezclado de cacaos tipos criollo y forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. *Agronomía Trop.* 52(1):45-58.
50. Liendo, Rigel J. 2004. El Beneficio del Cacao. Revista Digital CENIAP HOY No. 5, mayo agosto 2004. Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado el 28 de Agosto del 2005. Disponible en [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/ns/arti/rliendo2.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/ns/arti/rliendo2.htm)
51. Palencia, G.; Galvis. I. s.f. Pinzón preguntas frecuentes sobre cultivo de cacao. 28 p.
52. Paredes A.M. 2004. ed. Orlando, R. Montero, P. Ministerio de Agricultura Programa para el Desarrollo de la Amazonia Pro-amazonia “Manual del Cultivo del Cacao”. Perú. 83 p. Disponible en: [http://www.econegociosagricolas.com/ena/files/Manual\\_del\\_Cultivo\\_del\\_Cacao\\_2004.pdf](http://www.econegociosagricolas.com/ena/files/Manual_del_Cultivo_del_Cacao_2004.pdf)

53. Pinto, J. y Álvarez, C. 2001. Comparación de parámetros fisicoquímicos de granos tostados de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos zonas del Estado Aragua, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria. Disponible en: [www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html](http://www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html)
54. Portillo, E., L. Graziani de Fariñas y E. Betancourt. 2005. Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L) en el sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 22;394-406.
55. Queiroz, M. 1999 “Estudo dos Parametros de Torração de Almendoas de Cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*). Mestrado, Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade estadual de Campinas, Campinas-Brasil.
56. Quiroz, J. 1990. Estudio de la compatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.), Tesis Ing. Agr. Babahoyo Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Técnica de Babahoyo. 30 p.
57. Ramírez, 1988. Estudio de la fermentación del cacao. (*Theobroma cacao* L.) mediante cuatro sistemas de fermentación en cuatro zonas cacaoteras de Costa Rica. P]Tesis Ing. Agr. Turrialba, Universidad de Costa Rica 141 p.
58. Ramos, G.; Ramos, P. y Azócar, A. 2004. La Fermentación, el Secado y Almacenamiento del Cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15 17 nov. /2004, Quevedo – Ecuador). Memorias INAP. Quevedo, Ecuador, p. 1, 8.
59. Reyes, H.; Vivas, J. y Romero, A. 2000. La calidad del cacao; Cosecha y fermentación.
60. Rigel j. Liendo. 2005 INA (Centro Nacional de Investigación Agrícola). Agronomía de la producción; el secado del cacao. Maracay, estado Aragua. 26 p.
61. Rincón, S. O. 1999. Manual del Cacaotero. Bogota Colombia., Cenicafé p. 78 80.

62. Rosero, A.M.; Toapanta, R.F. 2008. Diseño de una máquina separadora de la semilla del cacao. Tesis Ing. Agro. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. 171 p.
63. Rohan, T. 1960. El Beneficiado del Cacao. Boletín de trabajo N° Oficial 5, Roma Italia, Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), p. 1 25.
64. SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). INFOAGRO (Servicio de Información Agroalimentaria). Cacao (en línea). Consultado el 18 de septiembre del 2009.
65. Saltos, A. 2005. Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del “Complejo Nacional x Trinitario”. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Vines – Ecuador. 59 p.
66. Saltos, A; Sánchez V; Anzules A. 2006. Beneficio del cacao. In Taller de entrenamiento en calidad física y organoléptica de cacao (20 – 24 de marzo /2006, QuevedoEcuador) Memorias INAP. Quevedo Ecuador. 7 p.
67. Santizo, S. C; Orellana, L. D. 1989. Situación del cacao, recursos y necesidades. In memoria Seminario Regional sobre tecnología poscosecha y calidad mejorada del cacao. Turrialba Costa Rica. IICA (Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura). P 31 34.
68. Stevenson, C.; Corven, J. y Villanueva, G. 1993. Manual para Análisis de cacao en Laboratorio. San José de Costa Rica.
69. Tecnoserve. 2007. Transformando La Industria de Cacao en Honduras Mediante un Enfoque en Calidad (en línea). Consultado el 9 de septiembre del 2009. Disponible en: [http://www.technoserve.org/press\\_room/HON031507.aspx](http://www.technoserve.org/press_room/HON031507.aspx).
70. Tomlins, K., D. Baker, P. Daplin and D. Adomako. 1993. Effect offermentation and drying practices in the chemical and physical profiles of Ghana cocoa. Food Chem. 46:257-263.

71. 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. *Agronomía Trop.* 54(4):481-495.
72. Verdesoto Estévez, P.S. 2009. Caracterización química preliminar de cacao (*Theobroma cacao*) de los municipios de Omoa y La Masica, Honduras Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano. 74 p.
73. Wood, G.A.R. 1982. Cocoa. Trad. Antonio Marino Ambrosio. México, continental. 363 p.

# **ANEXOS**



Maduro

Pintón

**Anexo 1.** Madurez del fruto de cacao



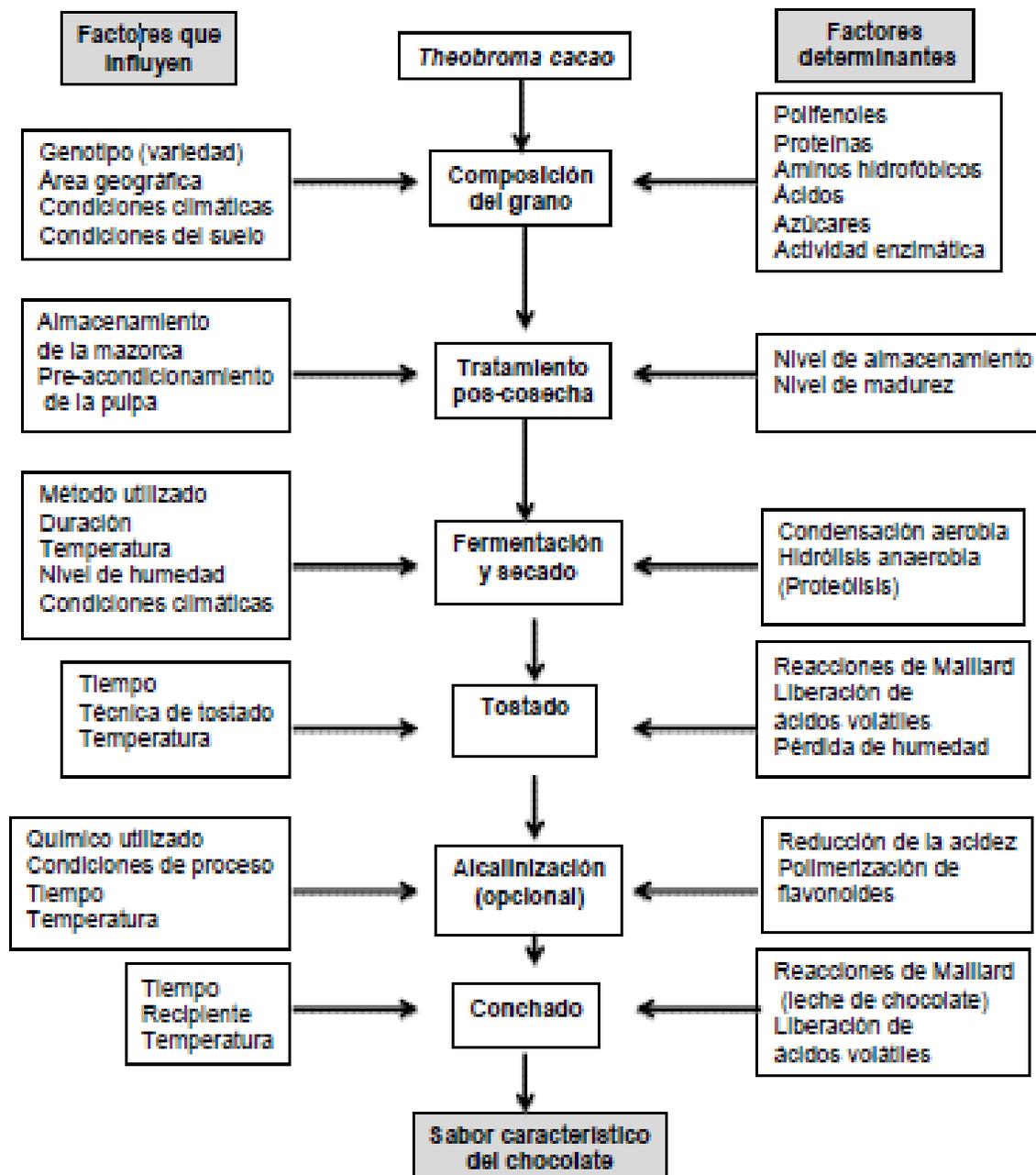
**Anexo 2.** Cosecha de cacao



**Anexo 3.** Pre-almacenamiento de la mazorca



**Anexo 4.** Desgrane de mazorca  
Foto: Lépido Batista

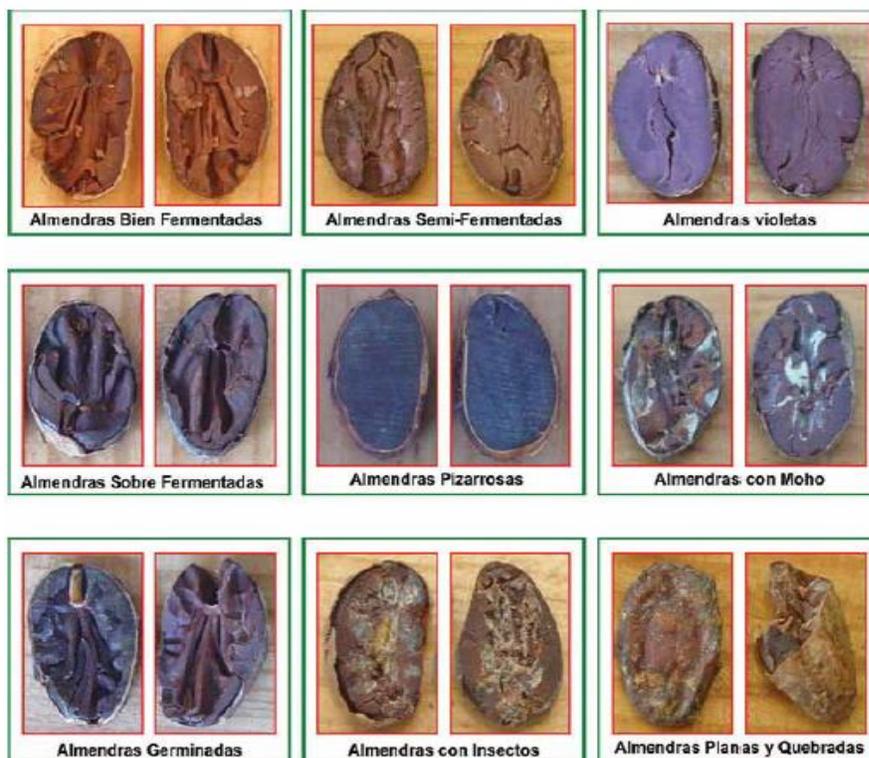


**Anexo 5.** Factores que afectan el sabor del cacao durante etapas del procesamiento



**Anexo 6.** Enfermedades en mazorca de cacao (mazorca negra)

Foto: Lépido Batista.



**Anexo 7.** Control de calidad de los granos de cacao

CONACADO, 2002.

**Prealentamiento de cacao orgánico partido el mismo día y convencional partido al tercer día**

**Anexo 8.** Análisis de la Varianza de la temperatura ambiente (°C)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	108.90	1	108.90	22.66	<0.0001
Tipo de cacao	108.90	1	108.90	22.66	<0.0001
Error	182.60	38	4.81		
Total	291.50	39			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.40331

Error: 4.8053 gl: 38

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.
Cacao convencional	33.10	20	0.49 A
Cacao orgánico	36.40	20	0.49 B

**Anexo 9.** Análisis de la varianza de la temperatura de la masa de cacao (°C)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.90	1	4.90	0.92	0.3425
Tipo de cacao	4.90	1	4.90	0.92	0.3425
Error	201.50	38	5.30		
Total	206.40	39			

**Anexo 8.** Análisis de la varianza Tiempo/hora del presecado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Tipo de cacao	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	80.00	38	2.11		
Total	80.00	39			

**Fermentación de cacao orgánico partido el mismo día, convencional partido al tercer día y protocolo FHIA**

**Anexo 9.** Análisis de la varianza de la temperatura de la masa de cacao durante la fermentación (°C)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1630.61	14	116.47	9.00	<0.0001
Tiempo de remoción/día	849.42	4	212.35	16.41	<0.0001
Error	582.50	45	12.94		

Total	2213.12	59
-------	---------	----

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.17356

Error: 12.9445 gl: 45

Tiempo de remoción/día	Medias	n	E.E.	
1	34.94	12	1.04	A
5	42.44	12	1.04	B
2	43.26	12	1.04	B
4	44.57	12	1.04	B
3	45.57	12	1.04	B

### Anexo 10. Análisis de la Varianza de la temperatura ambiente durante la fermentación (°C)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17.73	14	1.27	0.20	0.9991
Tiempo de remoción/día	5.57	4	1.39	0.22	0.9287
Error	291.25	45	6.47		
Total	308.98	59			

### Análisis fisicoquímico de cacao precalentado convencional, precalentado orgánico y protocolo FHIA luego del secado.

#### Anexo 11. Análisis de la varianza de la humedad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.08	2	0.04	0.66	0.5392
Tipo de cacao	0.08	2	0.04	0.66	0.5392
Error	0.56	9	0.06		
Total	0.64	11			

#### Anexo 12. Análisis de la varianza de la temperatura del cacao seco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.35	2	2.68	0.29	0.7561
Tipo de cacao	5.35	2	2.68	0.29	0.7561
Error	83.50	9	9.28		
Total	88.85	11			

### Anexo 13. Análisis de la varianza del número de almendras en 100 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	47.73	2	23.87	1.58	0.2589
Tipo de cacao	47.73	2	23.87	1.58	0.2589
Error	136.28	9	15.14		
Total	184.01	11			

### Anexo 14. Análisis de la varianza del índice de grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.10	2	0.05	1.61	0.2534
Tipo de cacao	0.10	2	0.05	1.61	0.2534
Error	0.29	9	0.03		
Total	0.40	11			

### Anexo 15. Análisis del Ph

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.71	2	0.36	5.55	0.0270
Tipo de cacao	0.71	2	0.36	5.55	0.0270
Error	0.58	9	0.06		
Total	1.29	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.50010

Error: 0.0642 gl: 9

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.		
Protocolo FHIA	4.63	4	0.13	A	
Precaentado C. orgánico	5.05	4	0.13	A	B
Precaentado C. convencional	5.20	4	0.13		B

### Anexo 16. Análisis del peso de 100 almendras

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	384.00	2	192.00	2.70	0.1206
Tipo de cacao	384.00	2	192.00	2.70	0.1206
Error	639.98	9	71.11		
Total	1023.98	11			

### Anexo 17. Análisis del peso del contenido de almendras grandes en 300gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.93	2	0.96	1.3E-03	0.9987
Tipo de cacao	1.93	2	0.96	1.3E-03	0.9987
Error	6646.58	9	738.51		
Total	6648.51	11			

**Anexo 18.** Análisis del peso del contenido de almendras medianas en 300gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	225.71	2	112.85	0.52	0.6102
Tipo de cacao	225.71	2	112.85	0.52	0.6102
Error	1945.11	9	216.12		
Total	2170.82	11			

**Anexo 19.** Análisis del peso del contenido de almendras pequeñas en 300gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	704.17	2	352.08	2.17	0.1702
Tipo de cacao	704.17	2	352.08	2.17	0.1702
Error	1460.26	9	162.25		
Total	2164.43	11			

**Anexo 20.** Análisis del peso del contenido de almendras pequeñas en 300gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	136.33	2	68.16	1.72	0.2323
Tipo de cacao	136.33	2	68.16	1.72	0.2323
Error	355.80	9	39.53		
Total	492.13	11			

**Anexo 21.** Análisis del peso del contenido de almendras vanas en 300gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.28	2	0.14	0.05	0.9560
Tipo de cacao	0.28	2	0.14	0.05	0.9560
Error	28.03	9	3.11		
Total	28.31	11			

**Anexo 22.** Análisis del peso del contenido de almendras múltiples en 300gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.38	2	1.69	0.27	0.7692
Tipo de cacao	3.38	2	1.69	0.27	0.7692
Error	56.21	9	6.25		
Total	59.58	11			

**Anexo 23.** Análisis del peso de diez almendras grandes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.04	2	2.52	8.84	0.0075
Tipo de cacao	5.04	2	2.52	8.84	0.0075
Error	2.57	9	0.29		
Total	7.61	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.05447

Error: 0.2853 gl: 9

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.	
Protocolo FHIA	16.05	4	0.27	A
Precaentado C. orgánico	16.05	4	0.27	A
Precaentado C. convencional	17.43	4	0.27	B

**Anexo 24.** Análisis del peso de diez almendras medianas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.22	2	0.61	1.26	0.3304
Tipo de cacao	1.22	2	0.61	1.26	0.3304
Error	4.36	9	0.48		
Total	5.57	11			

**Anexo 25.** Análisis del peso de diez almendras pequeñas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.17	2	0.08	0.22	0.8084
Tipo de cacao	0.17	2	0.08	0.22	0.8084
Error	3.44	9	0.38		
Total	3.61	11			

**Anexo 26.** Análisis del peso de 30 almendras (diez grandes, diez medianas y diez pequeñas)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.08	2	1.54	0.75	0.5011
Tipo de cacao	3.08	2	1.54	0.75	0.5011
Error	18.57	9	2.06		
Total	21.65	11			

**Anexo 27.** Análisis del peso de 30 cotiledones (diez grandes, diez medianos y diez pequeños)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.68	2	2.34	3.92	0.0597
Tipo de cacao	4.68	2	2.34	3.92	0.0597
Error	5.38	9	0.60		
Total	10.06	11			

**Anexo 28.** Análisis del peso de la cáscara de 30 almendras (diez grandes, diez medianos y diez pequeños)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.14	2	0.07	0.11	0.9008
Tipo de cacao	0.14	2	0.07	0.11	0.9008
Error	5.75	9	0.64		
Total	5.88	11			

**Anexo 29.** Análisis del porcentaje de almendras bien fermentadas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1761.47	2	880.74	5.27	0.0305
Tipo de cacao	1761.47	2	880.74	5.27	0.0305
Error	1503.26	9	167.03		
Total	3264.73	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=25.51507

Error: 167.0286 gl: 9

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.		
Protocolo FHIA	36.00	4	6.46	A	
Precaentado C. convencion..	58.85	4	6.46	A	B
Precaentado C. orgánico	63.83	4	6.46		B

**Anexo 30.** Análisis del porcentaje de almendras pizarrosas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	989.61	2	494.81	54.97	<0.0001
Tipo de cacao	989.61	2	494.81	54.97	<0.0001
Error	81.02	9	9.00		
Total	1070.63	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.92329

Error: 9.0017 gl: 9

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.	
Precalentado C. orgánico	2.83	4	1.50	A
Precalentado C. convencion..	3.68	4	1.50	A
Protocolo FHIA	22.50	4	1.50	B

### Anexo 31. Análisis del porcentaje de almendras parcialmente fermentadas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	266.91	2	133.46	0.93	0.4302
Tipo de cacao	266.91	2	133.46	0.93	0.4302
Error	1294.54	9	143.84		
Total	1561.45	11			

### Anexo 32. Análisis del porcentaje de almendras con moho

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.78	2	3.39	1.65	0.2444
Tipo de cacao	6.78	2	3.39	1.65	0.2444
Error	18.45	9	2.05		
Total	25.23	11			

### Dimensiones de almendra

### Anexo 33. Análisis del largo de 10 almendras grandes (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.96	2	5.48	7.32	0.0130
Tipo de cacao	10.96	2	5.48	7.32	0.0130
Error	6.74	9	0.75		
Total	17.69	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.70785

Error: 0.7483 gl: 9

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.	
Protocolo FHIA	24.50	4	0.43	A
Precaentado C. orgánico	26.48	4	0.43	B
Precaentado C. convencional	26.58	4	0.43	B

### Anexo 34. Análisis del ancho de 10 almendras grandes (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.09	2	0.54	3.71	0.0670
Tipo de cacao	1.09	2	0.54	3.71	0.0670
Error	1.32	9	0.15		
Total	2.40	11			

### Anexo 35. Análisis del grosor de 10 almendras grandes (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	2	0.01	0.02	0.9802
Tipo de cacao	0.02	2	0.01	0.02	0.9802
Error	4.87	9	0.54		
Total	4.89	11			

### Anexo 36. Análisis del largo de 10 almendras medianas (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.12	2	5.56	4.32	0.0484
Tipo de cacao	11.12	2	5.56	4.32	0.0484
Error	11.58	9	1.29		
Total	22.69	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.23893

Error: 1.2861 gl: 9

Tipo de cacao	Medias	n	E.E.	
Protocolo FHIA	21.50	4	0.57	A
Precaentado C. orgánico	23.38	4	0.57	A
Precaentado C. convencion..	23.68	4	0.57	A

### Anexo 37. Análisis del ancho de 10 almendras medianas (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.45	2	0.73	1.79	0.2212
Tipo de cacao	1.45	2	0.73	1.79	0.2212

Error	3.65	9	0.41
Total	5.10	11	

**Anexo 38.** Análisis del grosor de 10 almendras medianas (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.41	2	0.20	1.52	0.2696
Tipo de cacao	0.41	2	0.20	1.52	0.2696
Error	1.20	9	0.13		
Total	1.61	11			

**Anexo 39.** Análisis del largo de 10 almendras pequeñas (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.13	2	0.56	1.27	0.3265
Tipo de cacao	1.13	2	0.56	1.27	0.3265
Error	3.99	9	0.44		
Total	5.12	11			

**Anexo 40.** Análisis del ancho de 10 almendras pequeñas (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.91	2	0.46	1.15	0.3582
Tipo de cacao	0.91	2	0.46	1.15	0.3582
Error	3.56	9	0.40		
Total	4.47	11			

**Anexo 41.** Análisis del ancho de 10 almendras pequeñas (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.02	2	0.01	0.04	0.9593
Tipo de cacao	0.02	2	0.01	0.04	0.9593
Error	1.62	9	0.18		
Total	1.63	11			

**Microfermentaciones de cacao convencional maduro y pintón**

**Anexo 42.** Análisis de varianza del Tiempo de remoción/día

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Lugar	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	80.00	38	2.11		
Total	80.00	39			

**Anexo 43.** Análisis de varianza de la Temp. De la masa de cacao/°C

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.04	1	1.04	0.02	0.8830
Lugar	1.04	1	1.04	0.02	0.8830
Error	1800.64	38	47.39		
Total	1801.68	39			

**Anexo 44.** Análisis de varianza de la Temp. Ambiente/°C

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.90	1	0.90	0.27	0.6040
Lugar	0.90	1	0.90	0.27	0.6040
Error	125.00	38	3.29		
Total	125.90	39			

**Anexo 45.** Análisis de la varianza de la humedad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.75	1	0.75	2.50	0.1649
Lugar	0.75	1	0.75	2.50	0.1649
Error	1.80	6	0.30		
Total	2.55	7			

**Anexo 46.** Análisis de la varianza de la temperatura del grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.53	1	1.53	3.72	0.1019
Lugar	1.53	1	1.53	3.72	0.1019
Error	2.47	6	0.41		
Total	4.00	7			

**Anexo 47.** Análisis de la varianza del número de almendras en 100 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.50	1	0.50	0.01	0.9248
Lugar	0.50	1	0.50	0.01	0.9248
Error	309.50	6	51.58		
Total	310.00	7			

#### Anexo 48. Análisis de la varianza del índice de grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	1	0.01	0.10	0.7599
Lugar	0.01	1	0.01	0.10	0.7599
Error	0.75	6	0.13		
Total	0.76	7			

#### Anexo 49. Análisis de la varianza del Ph

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.66	1	0.66	7.12	0.0371
Lugar	0.66	1	0.66	7.12	0.0371
Error	0.56	6	0.09		
Total	1.22	7			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.52741**

Error: 0.0929 gl: 6

Lugar	Medias	n	E.E.	
Lima	4.45	4	0.15	A
Masica	5.03	4	0.15	B

#### Variabes de peso

#### Anexo 50. Análisis de la varianza del peso de 100 almendras

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83.21	1	83.21	1.21	0.3139
Lugar	83.21	1	83.21	1.21	0.3139
Error	413.43	6	68.91		
Total	496.64	7			

**Anexo 51.** Análisis de la varianza del peso de las almendras grandes de 300 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2051.20	1	2051.20	5.71	0.0500
Lugar	2051.20	1	2051.20	5.71	0.0500
Error	2155.11	6	359.18		
Total	4206.31	7			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=32.79156

Error: 359.1846 gl: 6

Lugar	Medias	n	E.E.
Masica	100.50	4	9.48 A
Lima	132.53	4	9.48 B

**Anexo 52.** Análisis de la varianza del peso de las almendras medianas de 300 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	121.68	1	121.68	0.17	0.6975
Lugar	121.68	1	121.68	0.17	0.6975
Error	4388.24	6	731.37		
Total	4509.92	7			

**Anexo 53.** Análisis de la varianza del peso de las almendras pequeñas de 300 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15.13	1	15.13	0.03	0.8781
Lugar	15.13	1	15.13	0.03	0.8781
Error	3543.07	6	590.51		
Total	3558.20	7			

**Anexo 54.** Análisis de la varianza del peso de las almendras pasas de 300 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	144.50	1	144.50	9.32	0.0224
Lugar	144.50	1	144.50	9.32	0.0224
Error	93.00	6	15.50		
Total	237.50	7			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.81191

Error: 15.5000 gl: 6

Lugar	Medias	n	E.E.
-------	--------	---	------

Lima	0.00	4	1.97	A
Masica	8.50	4	1.97	B

**Anexo 55.** Análisis de la varianza del peso de las almendras vanas de 300 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.13	1	0.13	1.00	0.3559
Lugar	0.13	1	0.13	1.00	0.3559
Error	0.75	6	0.13		
Total	0.88	7			

**Anexo 56.** Análisis de la varianza del peso de las almendras múltiples de 300 gr

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12.50	1	12.50	75.00	0.0001
Lugar	12.50	1	12.50	75.00	0.0001
Error	1.00	6	0.17		
Total	13.50	7			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70636

Error: 0.1667 gl: 6

Lugar	Medias	n	E.E.
Lima	0.00	4	0.20
Masica	2.50	4	0.20

**Anexo 57.** Análisis de la varianza del peso de diez almendras grandes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.78	1	5.78	2.34	0.1767
Lugar	5.78	1	5.78	2.34	0.1767
Error	14.80	6	2.47		
Total	20.58	7			

**Anexo 58.** Análisis de la varianza del peso de diez almendras medianas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	1	0.03	0.03	0.8698
Lugar	0.03	1	0.03	0.03	0.8698
Error	6.41	6	1.07		
Total	6.44	7			

**Anexo 59.** Análisis de la varianza del peso de diez almendras pequeñas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.28	1	1.28	1.48	0.2697
Lugar	1.28	1	1.28	1.48	0.2697
Error	5.20	6	0.87		
Total	6.48	7			

**Anexo 60.** Análisis de la varianza del peso 30 almendras (grandes, medianas y pequeñas)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.21	1	0.21	0.02	0.8906
Lugar	0.21	1	0.21	0.02	0.8906
Error	61.58	6	10.26		
Total	61.79	7			

**Anexo 61.** Análisis de la varianza del peso 30 cotiledones (grandes, medianas y pequeñas)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.41	1	7.41	0.93	0.3727
Lugar	7.41	1	7.41	0.93	0.3727
Error	47.94	6	7.99		
Total	55.35	7			

**Anexo 62.** Análisis de la varianza del peso la cáscara de 30 almendras (grandes, medianas y pequeñas)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.61	1	0.61	0.62	0.4601
Lugar	0.61	1	0.61	0.62	0.4601
Error	5.83	6	0.97		
Total	6.44	7			

**Dimenciones**

**Anexo 63.** Análisis de la varianza del largo de diez almendras grandes (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.20	1	1.20	3.37	0.1160
Lugar	1.20	1	1.20	3.37	0.1160
Error	2.14	6	0.36		
Total	3.34	7			

**Anexo 64.** Análisis de la varianza del ancho de diez almendras grandes (mm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.10	1	0.10	0.81	0.4021
Lugar	0.10	1	0.10	0.81	0.4021
Error	0.75	6	0.12		
Total	0.85	7			

**Anexo 65.** Análisis de la varianza del grosor de diez almendras grandes

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.98	1	0.98	13.52	0.0104
Lugar	0.98	1	0.98	13.52	0.0104
Error	0.44	6	0.07		
Total	1.42	7			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.46588

Error: 0.0725 gl: 6

Lugar	Medias	n	E.E.
Lima	8.33	4	0.13 A
Masica	9.03	4	0.13 B

**Anexo 66.** Análisis de la varianza del largor de diez almendras medianas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	1	0.04	0.04	0.8570
Lugar	0.04	1	0.04	0.04	0.8570
Error	7.63	6	1.27		
Total	7.68	7			

**Anexo 67.** Análisis de la varianza del ancho de diez almendras medianas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.28	1	0.28	0.52	0.4981
Lugar	0.28	1	0.28	0.52	0.4981

Error	3.25	6	0.54
Total	3.53	7	

**Anexo 68.** Análisis de la varianza del grosor de diez almendras medianas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.61	1	0.61	0.91	0.3773
Lugar	0.61	1	0.61	0.91	0.3773
Error	4.00	6	0.67		
Total	4.60	7			

**Anexo 69.** Análisis de la varianza del largor de diez almendras pequeñas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.44	1	5.44	7.24	0.0360
Lugar	5.44	1	5.44	7.24	0.0360
Error	4.51	6	0.75		
Total	9.95	7			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.50009

Error: 0.7517 gl: 6

Lugar	Medias	n	E.E.
Lima	20.00	4	0.43 A
Masica	21.65	4	0.43 B

**Anexo 70.** Análisis de la varianza del ancho de diez almendras pequeñas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.21	1	4.21	5.12	0.0644
Lugar	4.21	1	4.21	5.12	0.0644
Error	4.93	6	0.82		
Total	9.14	7			

**Anexo 71.** Análisis de la varianza del grosor de diez almendras pequeñas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.15	1	0.15	0.42	0.5415
Lugar	0.15	1	0.15	0.42	0.5415
Error	2.17	6	0.36		
Total	2.32	7			

## Porcentajes de fermentación

### Anexo 72. Análisis de la varianza del porcentaje de almendras pizarrosas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	28.13	1	28.13	4.86	0.0697
Lugar	28.13	1	28.13	4.86	0.0697
Error	34.75	6	5.79		
Total	62.88	7			

### Anexo 73. Análisis de la varianza del porcentaje de almendras bien fermentadas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	276.13	1	276.13	2.06	0.2013
Lugar	276.13	1	276.13	2.06	0.2013
Error	804.75	6	134.13		
Total	1080.88	7			

### Anexo 74. Análisis de la varianza del porcentaje de almendras bien fermentadas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	98.00	1	98.00	0.72	0.4296
Lugar	98.00	1	98.00	0.72	0.4296
Error	820.00	6	136.67		
Total	918.00	7			