

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

E.A.P. DE INGENIERÍA QUÍMICA

**Influencia de la frecuencia de remoción, durante la
fermentación, en la calidad sensorial del cacao**

(Theobroma Cacao, L.) de Satipo

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico

AUTOR

Wilfredo Loayza Lozano

ASESORES

Scila Reátegui Sánchez

Lima – Perú

2014

DEDICATORIA

Dedico esta tesis:

A DIOS

A toda mi familia que
estuvo apoyándome todos estos años

A MIS AMADOS PADRES

ESTHER C. DE LOAYZA y SABINO LOAYZA L.

A MIS QUERIDOS HERMANOS

BERTHA, IRMA, ANA, CARLOS A., y JESÚS O.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero dar gracias a Dios mi salvador por la fortaleza que me ha dado a través de todo el camino que he recorrido y permitirme realizar una de mis metas anheladas.

Quiero agradecer a todas las personas que de alguna manera u otra, formaron parte de esta investigación. De manera especial a mi asesora Scila Reátegui Sánchez, gracias por todo el tiempo que dedicó desde el inicio de la investigación, hace dos años y medio. Por orientarme, compartir sus conocimientos y formar parte de mi desarrollo profesional. Por darme valiosísimos consejos, enseñarme a ser paciente y saber sobrellevar las dificultades que se presentan en la vida. De igual forma gracias, a la Profesora Gabriela Chire Fajardo por su colaboración en la adquisición de las muestras, sin los cuales este proyecto no se hubiera podido llevar a cabo; por las veces que me acompañó por su apoyo siempre y sugerencias dadas para el acomodo en la redacción de esta investigación. Al Profesor Holger Maldonado por la gentileza que tuvo de apoyarnos en la realización del análisis Instrumental que se llevó a cabo en los laboratorios de productos naturales de la Universidad Cayetano Heredia. A la Profesora Sara Saavedra por su colaboración en el análisis sensorial realizado en las Instalaciones del APPCACAO.

A la familia Hurtado Estabridis por acogerme en su finca de Satipo donde fui muy bien acogido.

Agradecer a los trabajadores del laboratorio de Industrias alimentarias donde hice mis prácticas pre-profesionales en especial a la señorita Zahara Prudencio Albino jefa del laboratorio por brindarme su amistad.

A todos mis compañeros de estudios en todos estos años por hacerme parte de sus vidas, darme apoyo y alegrías en todo momento.

A la señora Graciela Calderón de Miguel y a su hija Jessica Fiorella gracias por ayudarme a reconciliar con Cristo, a sus oraciones su apoyo y hermosa amistad.

A todos mis educadores desde mis años de colegio hasta la Universidad, por las huellas que han dejado en mí, tanto a nivel profesional como personal. A mis amigos de la base 2003 de Química, por sus palabras de aliento, apoyo y amistad incondicional.

Por último, pero no menos importante. Quiero agradecer a la Iglesia Alianza Cristiana y Misionera de Manchay lugar donde me congreso, a todos mis hermanos en Cristo gracias por sus oraciones.

A todos muchas gracias.

Wilfredo.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE QUÍMICA

Central: 619 7000 anexos 1230 Telefax: 1209
Ciudad Universitaria - Calle Germán Amézaga 375 - Lima 1

"Año de la Promoción de la Industria Responsable y del Compromiso Climático"

ACTA DE TITULACIÓN POR TESIS

Los suscritos miembros del Jurado, nombrados por la Dirección de la Escuela Académico Profesional de Química, bajo la Presidencia del **Mg. GLORIA EVA TOMAS CHOTA** (Presidenta), la **Quím. MARTA MARGOT BRAVO AYALA** (Miembro) y la **Mg. SCILA REÁTEGUI SÁNCHEZ** (Asesora), habiendo presentado para tal efecto la **TESIS**, titulada **"INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA DE REMOCIÓN, DURANTE LA FERMENTACIÓN, EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL CACAO (THEOBROMA CACAO, L.) DE SATIPO"**, después de **SUSTENTADA Y APROBADA** la **TESIS** elaborada por el Bachiller en Química: **WILFREDO LOAYZA LOZANO**; para optar el **TÍTULO PROFESIONAL de QUÍMICO**, acordaron calificarlo con la **NOTA** de:

Diecisiete

(LETRA)

17

(NÚMERO)

Ciudad Universitaria, 11 de diciembre del 2014

Mg. GLORIA EVA TOMAS CHOTA
PRESIDENTA

Quím. MARTA MARGOT BRAVO AYALA
MIEMBRO

Mg. SCILA REÁTEGUI SÁNCHEZ
ASESORA

Dr. MARIO CERÓN
DIRECTOR DE LA E.A.P.



Miembros del Jurado

- **Mg. Gloria Eva Tomas Chota. (Presidenta)**
- **Quim. Marta Margot Bravo Ayala. (Miembro)**
- **Mg. Scila Reátegui Sánchez (Asesora)**

Fecha de Sustentación 11 de Diciembre del 2014

ÍNDICE

Resumen Abstract	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	3
II.1 ORIGEN Y PROCEDENCIA DEL <i>Theobroma cacao</i> , L.	3
II.2. LA PLANTA DE CACAO Y SUS VARIEDADES	3
II.3. ASPECTOS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DEL CACAO.....	5
II.3.1 Temperatura	5
II.3.2. Precipitación pluvial	6
II.4 REQUERIMIENTO DE SUELOS PARA EL CULTIVO DEL CACAO.....	6
II.5 FRUTO DE CACAO Y SU BENEFICIO	7
II.5.1 Cosecha y recolección.....	8
II.5.2 Fermentación de las semillas de cacao	9
II.5.2.1 La fase anaerobia	9
II.5.2.2 La fase aerobia.	10
II.5.3 Métodos de fermentación	11
II.5.3.1 Montones	11
II.5.3.2 Cajas de madera.....	11
II.5.3.3 En canastos	11
II.5.3.4 En sacos	12
II.5.4 Factores que afectan la fermentación de cacao	12
II.5.4.1 Grupo genético y tiempo de fermentación	12
II.5.4.2 Tiempo de almacenamiento del fruto antes de la apertura y el desgrane.	12
II.5.4.3 Tamaño del lote de cacao en el proceso de fermentación.....	13
II.5.4.4 Frecuencia de remoción durante la fermentación del cacao.....	13
II.5.5 Parámetros físicos y químicos que varían durante la fermentación.....	13
II.5.5.1 Variación del pH.....	13
II.5.5.2 Variación de la temperatura	14
II.5.5.3 Evolución de la acidez	14
II.5.6 Influencia del secado en la calidad del grano y la pasta de cacao	15
II.5.7 Limpieza y clasificación	15
II.5.8 Almacenamiento de los granos secos de cacao.....	15
II.6 CONTROL DE CALIDAD DE LOS GRANOS Y LA PASTA DE CACAO	16
II.6.1 Calidad física del grano	16
II.6.1.1 Prueba de corte	17

II.6.2 Tostación y su finalidad	18
II.6.2.1 Relación del sabor y aroma a chocolate con los compuestos volátiles.....	19
II.6.3 Evaluación organoléptica del grano de cacao	22
II.6.3.1 Procedimiento seguido durante la catación	22
II.7 IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES MEDIANTE MÉTODO INSTRUMENTAL.....	23
II.8 IDENTIFICACIÓN DE ALGUNOS COMPONENTES VOLÁTILES, QUE DAN AROMA Y SABOR AL CACAO.....	25
III. PARTE EXPERIMENTAL.....	27
III.1 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	27
III.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	29
III.3 EVALUACIÓN DE LOS GRANOS SECOS Y DE LA PASTA O LICOR DE CACAO	30
III.3.1 Procedimiento experimental para evaluar granos secos	31
III.3.2 Etapas que comprende la preparación del licor de cacao	34
III.3.3 Consideraciones previas para el análisis sensorial del licor de cacao	35
III.3.4 Procedimiento para el análisis sensorial del licor de cacao	37
III.4 EXTRACCIÓN DE LOS COMPONENTES VOLÁTILES POR HS-SPME.....	37
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	48
VI. CONCLUSIONES.....	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXO	

RESUMEN

La variedad del fruto del *Theobroma cacao*, L. y la frecuencia de remoción, durante el proceso de fermentación de su semilla, son dos factores que al generar cambios bioquímicos determinan el aroma y sabor a chocolate. Los componentes del mucílago, ricos en azúcares, son oxidados por microorganismos hasta ácido acético y al elevarse la temperatura favorece su ingreso al cotiledón, que provoca la muerte del embrión y lo acondiciona para la formación de los precursores del sabor y aroma a cacao. Éstos al interactuar con los compuestos fenólicos, durante el secado y tostado, son transformados en pirazinas, ésteres y otras sustancias responsables del sabor y aroma a chocolate. De ahí que evaluar la influencia de la frecuencia de remoción, considerados como tratamientos 1 y 2 (T1 y T2, respectivamente), se constituye en el objetivo principal de la investigación. La fermentación aeróbica de la masa con frecuencia de remoción T2, es favorecida por la mayor aireación y da lugar a la formación del ácido acético con liberación de calor. Esto hace que el pH disminuya, se incremente el grosor del grano, se descompongan las células de los cotiledones y ocurran nuevas reacciones químicas, las que continúan durante el secado y determinan la composición del grano seco. El contenido de grasa en las células de la semilla tiene relación con el grosor de la almendra y la prueba de corte permite diferenciar los granos mejor fermentados, respecto de aquellos que no lograron una buena fermentación. La intensidad de las propiedades organolépticas de la pasta de cacao obtenida, en relación a: 1. sabor a cacao, es fuerte; 2. Acidez, es moderada y 3. amargor, astringencia y sabor a nueces es leve. Actualmente se considera que entre los componentes volátiles, responsables del sabor de la pasta de cacao, se incluyen a las pirazinas, algunos ésteres y aldehídos, identificados al aplicar el método HS-SMPE-CG/MS.

Palabras clave: fermentación, frecuencia de remoción, precursores del sabor, prueba de corte.

ABSTRACT

The variety of the fruit of *Theobroma cacao* L. and removal frequency, during the fermentation process of seed, are two factors that determine the biochemical changes generate the aroma and taste of chocolate. The components of mucilage, rich in sugars are oxidized by microorganisms to acetic acid and at elevated temperature favors joining the cotyledon, which kills the embryo and conditioned to the formation of the precursors of flavor and aroma of cocoa. Here to interact with phenolic compounds during drying and roasting, are transformed into pyrazines, esters and other substances responsible for flavor and aroma of chocolate. Hence evaluate the influence of the frequency of removal, considered as treatments 1 and 2 (T1 and T2, respectively), it constitutes the main goal of research. Aerobic fermentation of the mass often T2 removal is favored by increased aeration and results in the formation of acetic acid with heat release. This causes the pH decrease, the grain thickness increases, cotyledon cells and decompose new chemical reactions occur, which during drying and continue to determine the composition of the dry grains. The fat content in cells of the seed is related to the thickness of the almonds and the cutting test to differentiate the best fermented beans, for those who did not achieve a good fermentation. The intensity of the organoleptic properties of the cocoa paste obtained in relation to: 1. cocoa flavor is strong; 2. Acidity is moderate and 3. bitterness, astringency and nutty flavor is mild. Currently it is believed that between the volatile components responsible for the flavor of the cocoa mass, are included pyrazines, some esters and aldehydes, identified by applying the HS-SMPE-GC / MS method.

Keywords: fermentation, removal frequency, flavor precursors, cutting test.

I. INTRODUCCIÓN

Los cambios bioquímicos que el grano de cacao, *Theobroma cacao*, L. experimenta durante el proceso de fermentación aunado a la variedad de fruto, se consideran como los responsables del aroma y sabor a chocolate. A nivel de frutos y semillas, el Perú posee una amplia variabilidad genética, caracterizándose la región Junín (Satipo) por poseer híbridos segregantes de cacao trinitario y/o cruces de trinitario con forastero. Las semillas o almendras que el fruto de cacao posee tienen tamaño variable y están cubiertas por un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, que posee diferentes grados de acidez, dulzura y astringencia, sabores y aromas. Una cáscara separa al mucílago del cotiledón; el cual de acuerdo a su genotipo puede ser de color morado, violeta, rosado o blanco. El mucílago, por su parte, favorece el desarrollo de microorganismos, debido a la presencia de carbohidratos, ácido cítrico, pequeñas cantidades de proteínas y otros componentes que favorecen el proceso fermentativo y su beneficio. Afectan la calidad del producto, la presencia de granos mal fermentados, humedad elevada, almendras sanas mezcladas con enfermas y alto porcentaje de impurezas. Mediante el presente trabajo de investigación se evaluará la influencia de factores que permitan lograr granos de calidad y que a su vez formen parte de las buenas prácticas durante el beneficio de las semillas de cacao. Para ello se plantea los siguientes objetivos.

Objetivo general:

Evaluar la influencia de dos tratamientos (T1 y T2) en la frecuencia de remoción, sobre la calidad sensorial del cacao (*Theobroma cacao*, L.) de Satipo.

Objetivos específicos:

- Determinar el índice de fermentación del cacao según la NTP-ISO 1114 (2006)¹.
- Relacionar la variación del grosor de las semillas de cacao, durante el periodo de fermentación y secado.

- Evaluar, durante el proceso de fermentación, la evolución de la temperatura.
- Determinar la variación del pH, del cotiledón y la testa de la semilla de cacao durante la fermentación, en función de la frecuencia de remoción (T1 y T2).
- Evaluar el aroma, sabor, astringencia, amargor y acidez de la pasta de cacao obtenida.
- Homologar la temperatura de la incubadora, respecto de las condiciones ambientales del medio en el que se realiza la fermentación.
- Identificar, mediante métodos instrumentales, algunos componentes volátiles responsables del sabor y aroma a chocolate.

II. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

La variedad de fruto y el proceso de fermentación son, entre otros, dos condiciones que tienen relación con los cambios bioquímicos que el grano de cacao, *Theobroma cacao*, L. experimenta, durante su beneficio, para producir los precursores del aroma y sabor a chocolate.

II.1 ORIGEN Y PROCEDENCIA DEL *Theobroma cacao*, L.

La información arqueológica y antropológica, establece que desde hace por lo menos cuatro mil años existe una relación del cultivo del cacao con los seres humanos de Mesoamérica; como los Mocayas, Olmecas, Mayas y Aztecas; con quienes el cultivo se perfecciona y da origen a la sabrosa bebida que mundialmente conocemos como chocolate². Así mismo, estudios más recientes afirman que en la región alta del Amazonas, en una zona comprendida entre los territorios de Perú, Colombia y Ecuador; es el lugar donde se encuentra la mayor diversidad genética del cacao y por lo tanto se le considera como su centro de origen³.

II.2. LA PLANTA DE CACAO Y SUS VARIEDADES

El árbol del cual procede el cacao, tiene apariencia extraña y, hace más de 200 años, Carolus Linnaeus lo llamó *Theobroma cacao*; que en griego significa cacao alimento de los dioses⁴. La planta alcanza hasta 7 m de altura y produce frutos en forma de bayas fibrosas con 10 surcos, entre 15 y 25 cm de largo, de 7,5 a 10 cm de diámetro conteniendo entre 20 y 40 semillas. Cada una de estas, por lo general, tienen 2,5 cm de longitud y está cubierta de una pulpa suave llamada mucilago⁵. La mayor producción de una planta de cacao se inicia cuando tiene 4 ó 5 años y a mayor edad puede tener, en un año, hasta 6000 flores; pero sólo 20 mazorcas con frutos que maduran durante todo el año. Su recolección se realiza luego de cinco a seis meses de haber realizado su fertilización y por lo general, se realizan dos cosechas al año: la principal, que empieza al final de la estación lluviosa y continúa hasta el inicio de la estación seca y la intermedia, al inicio del siguiente periodo de lluvias⁶.

De acuerdo a su genética son tres grupos en los que se clasifica al cacao: criollos, forasteros y trinitarios.

Los árboles del grupo genético criollo son pequeños, con follaje poco denso y de escasa productividad y ha ido desapareciendo con el tiempo; por ser muy susceptible a plagas y enfermedades. Su cultivo se ha difundido desde México y América Central hacia el resto del mundo. Cuando sus frutos están inmaduros, pueden ser de color verde o rojo y se tornan amarillos o rojo oscuros cuando están maduros. Las semillas, al inicio de la cosecha, son blancas o rosadas y cuando son fermentadas y secadas, adquieren una coloración canela⁷.

El cacao forastero es un árbol más vigoroso con follaje grande e intenso, más tolerante a las enfermedades. Comercialmente, pertenece al grupo de cultivares más importante y aporta cerca del 80% de la producción mundial de cacao. Es originario de la cuenca superior del Amazonas y se cultiva en Perú, Ecuador, Venezuela, Colombia, Brasil, África Occidental, América Central y el Caribe. Se caracteriza porque su fruto es de color verde, la cubierta del fruto (pericarpo) es gruesa y el mesocarpo está fuertemente lignificado. Sus semillas son redondeadas, ligeramente aplanadas y sus cotiledones son de color violeta⁸.

Luego de la devastación de la variedad criollo, en el siglo XVIII, cruzando las variedades criollo y forastero obtuvieron la variedad trinitario. El árbol de este híbrido es resistente a diferentes agentes adversos y el color de sus granos varían desde el color casi blanco a totalmente púrpura. Esta variedad contribuye entre 10 y 15 % de la producción mundial de cacao y su cultivo se ha difundido en diversos países, principalmente en la isla Trinidad, la que se ha convertido en la principal productora de esta variedad de cacao⁹.

En el Perú existe una amplia variabilidad genética, tanto en el carácter morfológico como a nivel de frutos y de semillas. Esta diversidad genética se debe, principalmente, a la mezcla y segregación de seis híbridos interclonales, los que fueron generados y difundidos por la Estación Experimental Agrícola de Tulumayo (Tingo María, región de Huánuco), de los cuales el clon CCN-51 (Colección Castro Naranjal 51), ocupa un área significativa. En el Valle de los ríos Apurímac y Ene (VRAE), existen plantaciones de cacao denominados “criollos”, que corresponden a una mezcla de híbridos interclonales procedentes de la Estación Experimental

Agrícola de Tulumayo. En Junín (Satipo) existe material genético que corresponde a híbridos segregantes de cacao trinitario y/o cruces de trinitario con forastero. En el Cuzco, entre las poblaciones de cacao existen variedades de híbridos introducidos hace más de 30 años, resaltando una variedad nativa que exhibe una amplia diversidad genética, denominada “chuncho”. En la región San Martín, más del 70% de las plantaciones de cacao, a nivel de la región, corresponden a material genético híbrido con pocas variedades trinitarias. En Jaén, el banco de germoplasma de cacao posee una amplia diversidad de clones; mientras que en Piura se ha encontrado la variedad conocida como porcelana y en la región de Tumbes, también se ha encontrado variedades híbridas, debido al cruce de la variedad trinitario con el cacao nacional¹⁰.

II.3. ASPECTOS AGRONÓMICOS DEL CULTIVO DEL CACAO

El crecimiento, desarrollo y la buena producción del cacao tienen estrecha relación con las condiciones medioambientales y los calendarios agroclimáticos de la zona donde se cultiva. Su cultivo bajo sombra le permite conservar la humedad relativa, protegerlo del viento y favorecer a muchos procesos fisiológicos. La nutrición mineral del suelo, la incidencia de plagas y enfermedades también influyen en el desarrollo de la planta. De todos estos factores, la temperatura y la precipitación pluvial son considerados factores críticos de crecimiento y deben definir las condiciones que el cultivo requiere para sus interacciones con el medio ambiente. El cacao crece mejor en las zonas tropicales y es cultivado desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud¹¹

II.3.1 Temperatura

Temperatura media anual alrededor de los 25°C tiene relación directa con la velocidad de crecimiento vegetativo, la aparición de los brotes, desarrollo de frutos y, en mayor grado, en la intensidad de la floración.

La absorción del agua y nutrientes, por las raíces de la planta del cacao, está regulada por la temperatura. A temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye, mientras que las altas temperaturas pueden afectar las raíces superficiales, limitando su capacidad de absorción.

II.3.2. Precipitación pluvial

En términos generales, la lluvia es el factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y se le considera como uno de los factores que determina las diferencias en el manejo del cultivo del cacao; por ser ésta una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. La precipitación óptima, durante todo el año, debe variar entre 1 600 y 2 500 mm, pudiendo afectar la producción de cacao las precipitaciones que excedan los 2 600 mm.

II.4 REQUERIMIENTO DE SUELOS PARA EL CULTIVO DEL CACAO

La topografía es un factor importante porque determina la fijación de la planta al suelo. Una topografía accidentada no sólo impide la mecanización, sino que las lluvias y su erosión constante dan lugar a la pérdida de la capa arable del suelo, constituyendo un problema muy serio. Las condiciones climáticas, la topografía y la disposición de texturas en el perfil del suelo determinan su susceptibilidad a sufrir inundación y su capacidad intrínseca para mantener una retención de humedad. El pH de suelo, por su parte, contribuye a regular la disponibilidad de los elementos nutritivos y la velocidad de descomposición de la materia orgánica. El cacao se desarrolla eficientemente y permite obtener buenos rendimientos cuando el pH oscila entre 6 y 6,5.

Tingo María y zonas circundantes, presenta buenas condiciones edafoclimáticas para la actividad cacaotera. La mayor parte de las plantaciones de cacao se encuentran establecidos en áreas aluviales, terrenos planos o moderante inclinados; con suelos profundos, relativamente fértiles y buen contenido (>3 %) de materia orgánica. En los suelos de las laderas, con pendientes entre 15 y 20%, también se cultiva el cacao; pero con limitaciones que reducen su potencialidad productiva, debido a la poca profundidad, baja fertilidad y la pedregocidad.

En Ayacucho, particularmente en los distritos de San Francisco, Quimbiri y Pichari, que son lugares importantes en la producción de cacao, las condiciones climáticas del VRAE en términos de temperatura, oscilan entre 20 y 30°C; con una media de

25°C; la precipitación de 2100 mm y una humedad relativa promedio del 80 %. Sus suelos son desde muy ácidos a ácidos (pH: 4,5 – 5,5), con contenido ligeramente alto de materia orgánica (4,4%) y de textura franca a franco-arcillosa.

Junín posee dos regiones naturales: sierra y selva. El sector de la selva se ubica entre altitudes que van desde 600 hasta 2 000 msnm. La provincia de Satipo abarca una superficie de 19 219,48 km² y presenta una fisiografía variada de llanuras, colinas y terrazas conformado por los valles que forman los ríos Satipo, Ene, Perené, Tambo y Pangoa. Las fluctúan entre los 14 y 34 °C y a este sector de selva le corresponde un solo tipo climático, el cual correspondería a un clima de Sabana tropical, periódicamente húmeda (sin lluvias) o seca en invierno. La principal actividad económica de Satipo es la producción de café, cacao y frutales, como el plátano, la papaya y principalmente la naranja.

II.5 FRUTO DE CACAO Y SU BENEFICIO

El fruto es una baya o mazorca ovoidea, grande y aguda hacia el ápice, con pedúnculo recio y recto, el epicarpio es grueso y subleñoso. Tiene alrededor de diez surcos longitudinales, de veinticinco a treinta centímetros de largo y de diez a quince de grueso¹². Dentro de las Mazorcas se encuentran las semillas o almendras, que son de tamaño variable (1,2–3 cm) y están cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos grados de acidez, dulzura y astringencia, sabores y aromas (floral, frutal). Al interior de la almendra se encuentran los cotiledones recubiertos por la cáscara, que los separa del mucílago y según el genotipo pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco¹³.

La composición promedio de cada una de estas partes (Anexo), varía de acuerdo a la época de cosecha, condiciones climatológicas, grado de maduración de la mazorca y región donde se cosecha¹⁴. La presencia del mucílago, por su parte, favorece el desarrollo de microorganismos, además es rico en agua y carbohidratos, con 80 a 90% de agua y 10 a 13% de carbohidratos, además de pequeñas cantidades de ácido cítrico, proteínas y otros componentes, las que se constituyen como fuentes nutritivas ideales para el desarrollo de los frutos. La composición de la pulpa es importante, porque a partir de los azúcares contenidos en ella se inicia el

proceso fermentativo y su beneficio, el cual abarca desde la cosecha hasta su almacenamiento y se hace con la finalidad de mejorar la calidad del grano¹².

La demanda de granos de calidad por parte de los industriales, aunado al desconocimiento de los agricultores en prácticas de beneficio, plantean la necesidad de capacitar a estos últimos en técnicas básicas que les permitan obtener un producto de buena calidad y que satisfagan los requerimientos exigidos por los compradores. Los granos mal fermentados, con humedad elevada, almendras sanas mezcladas con enfermas y altos porcentajes de impurezas son factores negativos que afectan la calidad del producto.

II.5.1 Cosecha y recolección

La cosecha debe ser únicamente de los frutos maduros. Las mazorcas verdes, conteniendo granos inmaduros dan lugar a un producto de mal sabor y aroma. Para las recolecciones deben considerarse el volumen de la cosecha, la madurez de las mazorcas y la presencia de plagas, enfermedades o animales dañinos. Cuando la cantidad de frutos maduros es abundante y existe problemas de tipo sanitario y de plagas, se debe aumentar la frecuencia de recolección con el fin de evitar pérdidas.

En plantaciones pequeñas o medianas, la recolección se debe hacer cada dos o tres semanas, con lo cual se evita la sobre maduración de los frutos y el riesgo de pérdidas. Para la recolección debe usarse herramientas adecuadas, siendo la tijera podadora la principal cuyo corte debe hacerse cerca de la mazorca y no sobre el cojín floral, pues también puede dañarlo perjudicando la cosecha futura; cualquier otra herramienta, como el machete, pueden causar heridas al árbol o dañar los granos del fruto. Por ningún motivo se debe arrancar las mazorcas halándolas con la mano, porque desgarrar y destruye completamente el cojín floral causando heridas peligrosas al tronco. Generalmente, las pilas de frutos deberán hacerse en un espacio sin árboles de cacao y en el que se pueda realizar fácilmente la labor del partido de las mazorcas y donde sea posible juntar las cáscaras para su descomposición y posterior utilización en el mismo cultivo, como abono orgánico de muy buena calidad.

El beneficio depende de la habilidad del operario y se inicia al separar las mazorcas sanas de las enfermas, luego del cual se les parte usando un machete corto o un mazo de madera, evitando dañar los granos. También puede usarse un machete corto colocado en forma invertida sobre un tronco de madera, sistema que puede aumentar el rendimiento de esta labor, con menor riesgo de accidentes.

El siguiente paso consiste en la extracción de las semillas del interior de la mazorca, al que se denomina desgranado. Esto se realiza al deslizar los dedos de la mano a lo largo de la vena central de la mazorca, evitando extraer la vena para no fermentarla con los granos de cacao. Si esto sucede, posteriormente, se le debe separar ya que se constituye en una impureza que perjudica la calidad del producto.

II.5.2 Fermentación de las semillas de cacao

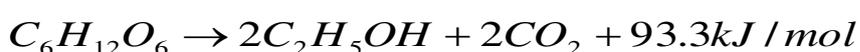
La fermentación es un proceso que consiste en la eliminación del mucílago que cubre al grano de cacao. Este favorece la muerte del embrión, evita la germinación del grano que deteriora su calidad y permite obtener un cacao de buena calidad. Durante este proceso ocurren una sucesión de diferentes procesos bioquímicos, microbiológicos y enzimáticos, los cuales favorecen la reducción del amargor y astringencia del cacao, así como también el desarrollo de las sustancias precursoras del aroma y sabor característico del chocolate. Así mismo, son dos las fases o eventos principales que ocurren durante este proceso.

II.5.2.1 La fase anaerobia

Corresponde a la primera etapa del proceso de fermentación, donde las levaduras actúan sobre los substratos presentes en el mucílago del cacao. Su acción predomina, principalmente, durante las primeras 24 horas dando lugar a la proliferación de bacterias lácticas y acéticas; por las condiciones generadas durante el proceso.

El rol principal de las levaduras, es la producción de alcohol mediante la degradación de los azúcares totales presentes en el mucílago. Sin embargo, como las cepas de levaduras presentes son muy abundantes y este no es su única contribución al

proceso; ellas contribuyen al rompimiento del ácido cítrico, presente en el mucílago, permitiendo el incremento del pH de 3,5 a 4,2. Así mismo, el desarrollo de las bacterias, tanto lácticas como acéticas, dan lugar a la producción de ácidos orgánicos (ácido láctico, acético y en menor proporción ácido oxálico, fosfórico, succínico y málico), ácidos volátiles y, algunas cepas de levaduras producen pectinasas, permitiendo la reducción de la viscosidad del mucílago. Las reacciones principales que ocurren durante esta etapa, incluyendo la generación de calor, son:



Las bacterias lácticas, por su parte, además de degradar los carbohidratos y producir ácido láctico metabolizan el ácido cítrico, proliferando cuando parte del mucílago ha sido drenado y las levaduras comienzan a disminuir. Junto a la producción de alcohol y ácido láctico también se forman cantidades menores de otros productos, resultado de la degradación de proteínas, lípidos y otros constituyentes importantes.

La disminución de las levaduras se debe, principalmente, a su intolerancia al alcohol y al gradual incremento de temperatura. Esto ocurre por la acción de las bacterias acéticas que, debido a las condiciones de pH, empiezan a crecer al utilizar el ácido cítrico por grupos de levaduras y la bacteria láctica. Generalmente, al cuarto día de la fermentación las levaduras no se encuentran presentes en el cacao.

II.5.2.2 La fase aerobia.

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

de estos compuestos hacia el cotiledón, da lugar a reacciones bioquímicas internas, modificando la composición química de las almendras; en particular la formación de los precursores del aroma¹⁵. La producción de acidez en las habas de cacao y el incremento de la temperatura de la masa de fermentación, origina la difusión e hidrólisis de proteínas en los cotiledones, al que se le atribuye el metabolismo de las bacterias acéticas. De ahí que, la presencia de estas bacterias sea importante para la formación de azúcares reductores, pirazinas y aminoácidos libres, que son los precursores de sabor¹⁴. La formación de ácido acético, se indica a continuación



II.5.3 Métodos de fermentación

Dependiendo de la región geográfica y el tamaño de los cultivos, los granos de cacao pueden ser fermentados en:

II.5.3.1 Montones

Los granos, apilados en montones de metro y medio de diámetro, son cubiertos por hojas de plátanos y el tiempo de fermentación, aproximado, es de seis días.

II.5.3.2 Cajas de madera

Las cajas de fermentación, para grandes plantaciones y abundante cacao, por lo general son rectangulares o cuadradas, cuyas dimensiones pueden alcanzar hasta $1m^3$ o más y contener hasta tonelada y media de cacao. En la parte inferior y a los lados laterales tiene agujeros; los que favorecen la aireación de la masa fermentativa y permiten el libre drenado de sustancias que se forman durante la fermentación.

II.5.3.3 En canastos

Estas varían en cuanto a tamaño, la cantidad mínima a fermentar oscila entre 70 a 80 kg y permiten obtener un cacao de regular calidad.

II.5.3.4 En sacos

El agricultor llena los sacos con cacao fresco y los cuelga para que se escurra y se fermenten las almendras. También acostumbran a dejar los sacos amontonados en el piso para iniciar el proceso de fermentación¹⁶.

II.5.4 Factores que afectan la fermentación de cacao

De acuerdo a la variedad de cacao; el tamaño, la forma y la constitución de los cotiledones varían; por lo que para la fermentación se debe considerar la influencia que tienen, en conjunto, los siguientes factores.

II.5.4.1 Grupo genético y tiempo de fermentación

El tiempo de fermentación que se debe dar a las almendras depende del grupo genético al que pertenece el cacao. El mayor contenido de azúcar en el mucílago de la variedad criollo, por ejemplo, acelera el proceso y requiere menos tiempo de fermentación que el forastero. Por lo que el cacao criollo se fermenta, generalmente, en tres días; mientras que los de la variedad forastero y trinitario lo hacen entre cuatro a cinco días y seis días o más, respectivamente¹⁶.

II.5.4.2 Tiempo de almacenamiento del fruto antes de la apertura y el desgrane.

Es un factor que influye en la calidad del producto y el retardo en su desgrane produce una fermentación acelerada debido a que mejora la hidrólisis de la pulpa. Esto produce incrementos más rápidos en la temperatura de la masa, alcanzando valores más altos a medida que aumenta el tiempo entre la cosecha y el desgrane del cacao. Así mismo, promueve la formación de bajos niveles de ácido láctico, ácidos volátiles y ácidos totales libres e incrementa el contenido de taninos en el cotiledón. Sin embargo, es importante que se produzca un ascenso gradual de la temperatura; facilitando la descomposición de las proteínas y potenciando el sabor¹⁷.

II.5.4.3 Tamaño del lote de cacao en el proceso de fermentación.

Este factor está íntimamente ligado al grado de aireación y desarrollo del calor de la masa en proceso de fermentación. La cantidad de cacao a fermentar varía considerablemente de acuerdo a la temporada de cosecha y cuando se tiene mayor masa fermentando, la temperatura en su parte central será mayor. Diversos autores discrepan en cuanto a la mínima cantidad de masa de cacao que se debe fermentar en condiciones naturales y éstas, generalmente, fluctúan entre 35 y 450 kg.

II.5.4.4 Frecuencia de remoción durante la fermentación del cacao

Una buena remoción de la masa de almendras de cacao favorece la homogenización de la fermentación; mientras que su ejecución defectuosa o no realización, hace que una gran proporción de su masa se quede sin fermentar. Sánchez (2007), refiere que en el cacao criollo, el primer mezclado debe realizarse a las 24 horas y, en el caso de forasteros y trinitarios se ejecutará cada dos días; evitando la proliferación de hongos y la desecación de almendras de la superficie. Así mismo, indica que la remoción diaria permite un incremento más rápido de la temperatura, fermentación más homogénea y menor tiempo de duración¹⁸.

II.5.5 Parámetros físicos y químicos que varían durante la fermentación

El control cuidadoso de los parámetros físicos y químicos, durante el proceso de fermentación, permite obtener granos y pasta de cacao de buena calidad. Sus valores guardan relación con el monitoreo de cada uno de los factores que inciden en los cambios físicos y químicos que la masa de almendras de cacao experimenta.

II.5.5.1 Variación del pH

Debido al contenido de ácido cítrico, presente al inicio en el mucílago, hace que el pH del mucílago y cotiledón presenten diferencias significativas. Durante la fermentación y sobre todo por efecto de la remoción, el pH se incrementa cuando el ácido cítrico se degrada por acción de microorganismos. En esta etapa, el ácido

acético formado migra hacia el cotiledón, descienda su pH y luego se incrementa debido a las reacciones entre ácido acético y las diversas fracciones de proteínas¹⁴.

II.5.5.2 Variación de la temperatura

Al inicio, el incremento de la temperatura es muy lento debido a la poca cantidad de calor que se genera cuando las levaduras degradan a los azúcares. Los estudios muestran que la elevación de temperatura se produce alrededor de las 48 horas. Esto ocurre porque las bacterias acéticas transforman el alcohol en ácido acético; una reacción mucho más exotérmica. Sin embargo, este comportamiento puede verse afectado por la cantidad de masa fermentativa y los tiempos de remoción. El rango de temperatura, referido por la literatura, fluctúa entre 26 y 45°C, durante las primeras 48 horas, pudiendo posteriormente, alcanzar hasta los 60°C.

II.5.5.3 Evolución de la acidez

La oxidación de ácido cítrico y la reducción de la acidez, ocurren bajo condiciones de aireación y cuando el jugo de cacao drena desde las cajas de fermentación. La conducta seguida por la acidez total fue evaluada por Augier *et al.*, (1997) y citado por García (2000) que toma como base la concentración de ácido acético, determinada mediante la titulación con NaOH. Estos mismos autores¹⁴ muestran la variación de la acidez total, tanto en la cascara como en el grano (Fig. N°1), durante la fermentación. En ella se observa que los niveles de mayor concentración de acidez se producen en el cuarto día, luego del cual empieza a declinar.

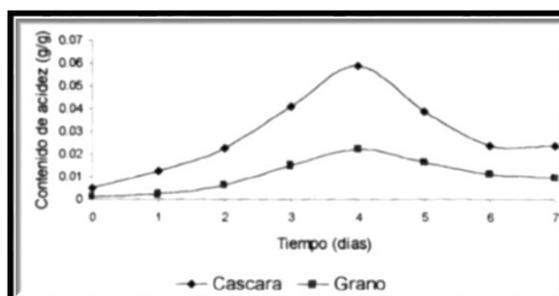


Fig. N° 1. Variación de la acidez durante la fermentación del cacao¹⁴.

II.5.6 Influencia del secado en la calidad del grano y la pasta de cacao

Esta etapa es identificada como la continuación de la fase oxidativa o de reacciones iniciadas durante el proceso fermentativo. Se sabe, también, que los cambios ocurridos durante la fermentación afectan las características fisicoquímicas del grano seco; figurando entre ellos la formación de pigmentos, producidos por compuestos fenólicos que originan el color marrón de los granos y dan lugar al aroma y sabor¹⁹.

Así mismo, el secado reduce el exceso de humedad que queda retenida luego de la fermentación, evita el desarrollo de hongos que afectan su calidad; facilitando su manejo, almacenamiento y comercialización. La reducción debe hacerse hasta un 6 a 7% y un máximo de 8%; pérdidas mayores lo vuelve muy quebradizo al grano ^{20,21}.

Por otro lado, la exposición al sol tiene relación con las condiciones climáticas y puede variar de una zona a otra o también en función de la época del año; siendo además afectado por la textura del piso y la frecuencia de remoción de los granos.

II.5.7 Limpieza y clasificación

Aquí se busca seleccionar sólo granos bien fermentados y secos eliminando todo tipo de impurezas, granos mohosos, partidos y vanos. Esto se puede realizarse manualmente o pasando las almendras a través de zarandas de varios tamaños.

II.5.8 Almacenamiento de los granos secos de cacao

Las condiciones de almacenaje, influyen y juegan un rol importante en la calidad de los granos del cacao. Si luego de concluido el secado aún se encuentran los granos calientes, se dejan enfriar al aire libre, antes de proceder a su ensacado en costales de yute. Se sabe que el cacao absorbe la humedad con suma rapidez, por lo que se dice que es un grano altamente higroscópico. Si su humedad de almacenamiento no supera el 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado durante cinco meses, cuando la humedad relativa del ambiente es menor del 75%. Sin embargo, el almacenamiento por 10 días en ambientes con 95% de humedad relativa, la almendra seca puede superar el 15 % de humedad. Casos en los cuales donde la

humedad relativa es por encima del 90% las almendras deben ser secadas cada cierto tiempo, para evitar la infestación de mohos.

El ambiente donde se va almacenar debe estar libre de olores extraños como los que provienen de pesticidas, combustible, alimentos con olores penetrantes o evitar la contaminación por humo.

II.6 CONTROL DE CALIDAD DE LOS GRANOS Y LA PASTA DE CACAO

El tamaño, peso, grosor de cascara, color, contenido de grasa y las características organolépticas son expresión de la calidad de las almendras. El sabor y el aroma, determinado por el gusto, reflejan los efectos combinados del genotipo, de factores edafoclimáticos, del manejo agronómico recibido durante la plantación y de la tecnología post cosecha utilizada¹⁶.

En nuestro país el control de la calidad del cacao, determinado mediante la evaluación de sus propiedades físicas, organolépticas y químicas está reglamentado en la Norma Técnica Peruana, aprobada por el Comité Técnico de Normalización de Cacao y Chocolate. Estas constituyen una herramienta fundamental para la mejora de la competitividad de las organizaciones y empresas; que son quienes establecen los requisitos que aseguran la aptitud para el uso de un producto o servicio.

II.6.1 Calidad física del grano

El control físico se basa principalmente en la evaluación exterior del grano; que no coincide, necesariamente, con un buen sabor y aroma a chocolate. Algunos países compradores y fabricantes de chocolate califican las almendras de cacao por su apariencia, grado de fermentación, humedad, materiales extraños, mohos e insectos. Gran parte del mercado del cacao considera como requisito indispensable que el peso mínimo de cada grano de almendras debe ser de 1,2 g.

II.6.1.1 Prueba de corte

En el término de los primeros treinta días, luego de haber concluido el secado, y con el fin de que la información reportada no incluya muestras de almendras que hayan sufrido oxidación, se determina el índice de fermentación. A nivel mundial, la evaluación del grado de fermentación del cacao se realiza mediante la “prueba de corte”. Se considera que después del corte transversal, los granos completamente fermentados presentan el cotiledón de color castaño y una superficie con agrietamiento pronunciado. Aquéllos granos parcialmente fermentados, presentan agrietamiento moderado en la superficie del cotiledón y el color es crema a casi castaño. Los granos no fermentados, muestran superficies con ausencia, casi total, de agrietamientos y son de color violeta¹⁷. Así mismo, mediante esta determinación es posible establecer la relación entre las características físicas y organolépticas con el grado de fermentación de las almendras:

- ❖ Color marrón o café: Está referida a aquellas que poseen una fermentación muy completa. En estas condiciones, los ácidos han destruido al embrión y las vacuolas han sido despigmentadas, dando lugar a almendras muy hinchadas y que se separan fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma de estos granos son óptimas para la elaboración de chocolates gourmet.
- ❖ Color marrón o violeta: Da indicios de una fermentación parcial, donde los ácidos no han penetrado, una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es intermedia y también se aprovecha para producir chocolate.
- ❖ Color violeta: Son el resultado de una fermentación incompleta y en ella aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas, su apariencia interna es compacta y desarrollan un sabor astringente y ácido.

- ❖ Color gris negruzco y aspecto pizarroso: Presentan un aspecto compacto, lo cual indica ausencia de fermentación y desarrollan sabores amargos y astringentes¹⁸.

Esta prueba se realiza aplicando la norma NTP – ISO 1114: 2006¹ y al finalizar los procesos de fermentación, secado y clasificación de los granos. Lo que en la práctica se busca es el sabor y aroma característico desarrollado por las almendras de cacao; adecuadamente fermentadas, secadas y tostadas²².

II.6.2 Tostación y su finalidad

Luego de la formación de los precursores del sabor, obtenidos mediante la fermentación y el secado; durante su tostado, el cacao disminuye su humedad hasta el 2%, se hace más quebradizo y de color oscuro. La mayoría de investigadores, afirman que esta operación es la más importante; debido a que en ella se generan el olor y aroma característico del chocolate. El desarrollo del aroma de origen térmico es un fenómeno complejo, que tiene relación con la composición química del grano, el tiempo y temperatura de tostado. El tiempo de tostado puede variar entre 5 y 20 min en intervalos de temperatura de 90 a 150°C. Así mismo, para la selección de las condiciones de tostado se deben considerar factores como el tipo de cacao, su origen, tratamiento post-cosecha y el grado de tostado deseado²³. Mediante la tostación, se reduce la concentración de los ácidos volátiles, disminuye su acidez y éste deja de ser ácido, amargo y astringente. Al respecto, la bibliografía identifica cambios físicos y reacciones químicas que generan sustancias, los cuales son considerados como las responsables de la aparición del aroma y sabor a chocolate. Buscando explicar la generación del aroma de origen térmico²⁴⁻²⁸, plantean que los precursores del sabor producidos durante la fermentación y secado, interactúan para producir compuestos volátiles: alcoholes, éteres, furanos, tiazoles, ésteres, aldehídos, iminas, aminas, oxazoles, pirazinas y pirroles; a través de la reacción de Maillard.

II.6.2.1 Relación del sabor y aroma a chocolate con los compuestos volátiles^{23,25,29,30}.

Los compuestos volátiles, responsables del aroma del cacao tostado, pertenecen, principalmente, a las familias de las pirazinas, aldehídos, éteres, tiazoles, fenoles, cetonas, alcoholes, furanos y ésteres; constituyendo éstos alrededor de 400 a 500 compuestos. Al relacionar a las pirazinas con el aroma a chocolate, se afirma que son las reacciones de oscurecimiento de Maillard las que participan del mecanismo que busca explicar la aparición de los compuestos que se forman durante el proceso de tostado. Esta incluye a la degradación de Strecker, la que consiste en la reacción de un aminoácido con un alfa-dicarbonilo, para dar lugar a una aminocetona; para luego condensarse, dando lugar a las pirazinas y otros compuestos heterocíclicos. La degradación de Strecker, también da lugar a la descarboxilación y desaminación de un α -aminoácido; formando aldehídos, amoníaco y dióxido de carbono. Cada aminoácido produce su aldehído específico y aroma característico (Tabla N° 1).

Tabla N°1. Compuestos formados por la degradación de aminoácidos²⁵.

Aminoácido	Compuestos de degradación			
	Aminos	Aldehídos	Descriptor de olor	Ácidos
Alanina	Etilamina	Acetaldehído	—	Acético
Glicina	Metilamina	—	—	Fórmico
Valina	Isobutilamina	2-metilpropanal	Herbal, frutal	2-metilpropanoico (isobutírico)
Leucina	Isoamilamina	3-metilbutanal	Malta, frutal, tostado	3-metilbutanoico (isovalérico)
Isoleucina	—	2-metilbutanal	Frutal, dulce, tostado	2-metilbutanoico
Treonina	—	—	—	2-hidroxiopropanoico
Fenilalanina	2-fenilamina	2-fenilacetaldehído	Herbal, floral	2-fenilacético
Tirosina	—	—	—	2-(4-hidroxifenol)
Metionina	—	Metional, 2-propenal-metanetiol	Vegetales	Acético

En la Fig. N°2, se muestra la producción de pirazinas y aldehídos a partir de la hexosa y un aminoácido vía la degradación de Strecker.

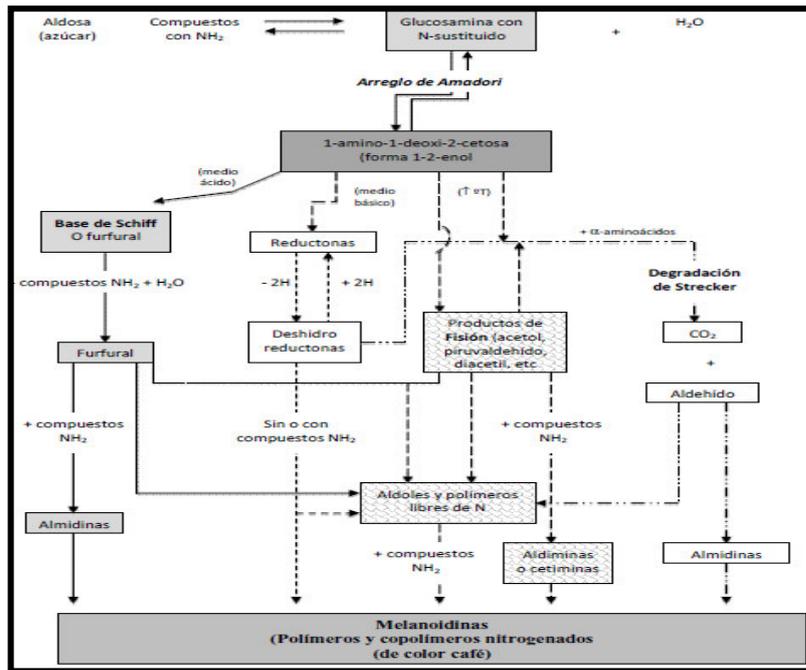
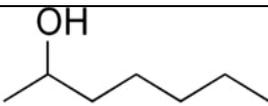
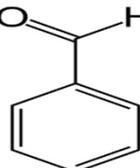
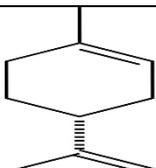
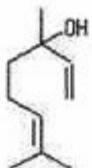
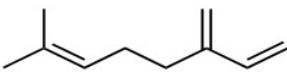
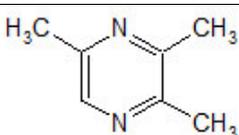
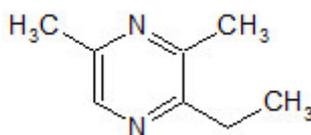
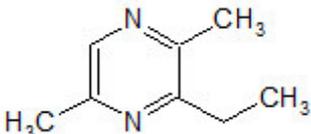


Fig. N°2. Modificación de las reacciones de Maillard por Hodge, en 1953²⁵.

La evaluación de las condiciones de tiempo y temperatura de tostado, reporta la formación de 18 compuestos mayoritarios; para el cacao (SMC1A) tostado de Malasia. Entre los menos abundantes se encuentran los aldehídos (4), los alcoholes y ésteres (2 cada grupo) y las cetonas (1), figurando las pirazinas entre los más numerosos con 9 compuestos. Las más abundantes fueron la trimetilpirazina y la tetrametilpirazina y su mayor concentración fue encontrada a los 40 min; a las temperaturas de 140 y 160°C, respectivamente. Así mismo, la bibliografía refiere que la tetrametilpirazina, además de producirse por acción del calor, tiene un origen microbiológico al ser metabolizado por el *Bacillus subtilis*, durante la fermentación, afirmando que la tetrametilpirazina es biosintetizada durante la fermentación y que otras pirazinas son originadas en la reacción de Maillard durante el tostado. Luego, las condiciones óptimas del tostado de cacao para generar aldehídos fueron temperaturas entre 150-160°C y tiempos de 20 a 40 min. El benzaldehído y 2-fenilacetaldehído son los aldehídos más abundantes en el cacao tostado. Respecto de los alcoholes, se encontraron concentraciones altas a temperaturas bajas de tostado (110-140 °C) las cuales disminuyeron al incrementar las temperaturas y los tiempos de tostado (45-65 min). Se sabe que los alcoholes proporcionan al cacao tostado notas florales y herbales; entre los identificados como mayoritarios figuran el linalol y el 2- heptanol. Muchos de estos compuestos odoríferos son producidos por la degradación térmica de aminoácidos y por la reducción de aldehídos y cetonas.

La auto oxidación de ácidos grasos insaturados, principalmente los de cadena larga (C18), producen aldehídos insaturados; tales como 2,4-alcanodienal, 2-enal y hexanal. La concentración de ésteres, en el cacao tostado, se incrementa cuando se produce el sobre tostado y los olores a fruta tienen relación con la presencia de los ésteres.

Tabla N°2. Algunas Estructuras de los compuestos volátiles responsables del sabor y aroma de la pasta de cacao.

Nombre	Estructura	Aroma
Heptan-2-ol		Tiene un olor a fresca hierba de limón a base de hierbas dulces con sabor a fruta verde floral.
Benzaldehído		con un olor a almendras agradable y característico
Limoneno		Es la sustancia que da olor característicos a las naranjas y los limones
Linalol		Olor floral con un toque mentolado
Mirceno		Su olor se describe como parecido al clavo, terroso, verde vegetativo, cítrico, afrutado con mato tropical y matices de menta
Trimetilpirazina		Papa cocida, cacahuete
2-Etil-3,5-dimetilpirazina		Cacao tostado
2-Etil-3,6-dimetilpirazina		Cacao tostado

II.6.3 Evaluación organoléptica del grano de cacao

Para conocer la aceptación del consumidor se deben realizar ensayos que permiten la medición, el análisis y el reconocimiento de las reacciones características de los alimentos; percibidos por la vista, el olfato y el gusto. En la elaboración de chocolates finos, el amargor y astringencia bajos son dos características organolépticas fundamentales para la valoración del cacao de exportación y para el fabricante se constituye en la prueba más confiable para saber si puede utilizar un cacao determinado para elaborar sus productos¹⁶.

El análisis sensorial del cacao se realiza mediante la catación de sus licores y se establece que la temperatura promedio para el ensayo debe ser 45°C³¹.

La Catación es una labor que practican personas que tienen la capacidad de grabar en su mente las características de los alimentos que prueban y que deben saber identificarlo según su olor, textura y sabor para evaluar una muestra y reconocer un producto de calidad. A través de este proceso, el catador identifica con precisión un sabor a nuez, sabor a caramelo y el amargor que puede tener un licor de cacao. Todo ello se logra al seguir procedimientos establecidos para la identificación.

II.6.3.1 Procedimiento seguido durante la catación³¹

Son un conjunto de fases, incluidas en la norma de APPCACAO (2012):

- a) **Fase olfativa:** Consiste en la inhalación, desde una distancia de 3 cm del envase, de los aromas que se desprenden cuando el catador mezcla el licor con una espátula. Esta evaluación la puede repetir varias veces hasta identificar los aromas.

- b) **Fase gustativa:** Usando una cuchara, el catador coloca 3 mL de licor sobre la lengua, los distribuye en toda la cavidad bucal y aprecia la textura o finura de las partículas, la viscosidad de la muestra, la evolución de su acidez y consistencia.

- c) **Fase retronasal:** Ejercicio de aspiraciones, cortas y sucesivas, que permiten identificar aromas específicos; al expulsar el aire por la nariz para percibir información por vía retronasal.
- d) **Evaluación del sabor:** Permite detectar los perfiles de sabor, al revelar sensaciones que se perciben en las papilas gustativas de la lengua, estimuladas por sustancias solubles. Estas sensaciones son detectadas al combinar los sentidos del gusto y el olfato. El 80% de lo que se detecta como sabor procede de las sensaciones del olor. En estos ensayos, también, se encuentran particularidades derivadas de los tipos de sabores: básicos, dulce, salado, ácido, amargo, umami, sabores específicos, sabor a cacao, sabor a frutas, sabor floral, sabor a nueces, sabor a panela/malta, sabor a caramelo, sabores defectuosos (ahumado, mohoso y sabor crudo/Habas verdes).

d.1 **Astrigencia:** Se manifiesta porque la producción de la saliva aumenta y, entre la lengua y la campanilla, se siente la sequedad en la boca. Ambas sensaciones son percibidas debido a una falta de fermentación.

II.7 IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES MEDIANTE MÉTODO INSTRUMENTAL

Para identificar a todos los componentes responsables del aroma, es insuficiente un solo método de separación o análisis. Esto debido a la presencia de un gran número de componentes, a la variedad de funciones químicas y a la inestabilidad de algunos analitos responsables del aroma (0,1-15 mg/kg); factores que determinan rangos amplios de concentración en la que se encuentran cada uno de ellos. La bibliografía refiere que la determinación olfativa de los compuestos activos, también incluye a aquellos componentes volátiles capaces de interactuar con las proteínas receptoras del bulbo olfativo humano³² y al comparar la alta sensibilidad del olfato, cuyo límite de detección teórico es alrededor de 10^{-19} moles. Al respecto³³, considera que este valor es mucho menor que el que pueda registrar cualquier detector instrumental, debido a su baja sensibilidad analítica.

El método de extracción³² que deberá aplicarse tiene relación con el tipo de componente y si el objetivo es identificar el aroma global, se requerirá de una o varias técnicas que sean lo más cercanas posible al aroma que se busca reconocer. Por lo general, el análisis de los compuestos de un aroma se inicia con la separación de la fracción volátil a partir de la muestra. Durante el estudio del aroma global, es imprescindible que el aroma del extracto sea idéntico, o al menos muy similar, al del alimento objeto de estudio y confirmar que no ha experimentado cambios por transformaciones térmicas o enzimáticas. Así mismo, considera que antes de hacer cualquier otro análisis químico, es necesario realizar una evaluación olfativa que permita confirmar que el extracto ha conservado todas sus características iniciales.

Actualmente, el análisis por headspace (HS), se aplica para extraer y concentrar compuestos volátiles, a partir de muestras que pueden provenir de matrices sólidas o líquidas. Esta técnica considera el grado de volatilidad y el coeficiente de partición, de los componentes, entre la fase gaseosa y la matriz de la muestra. La extracción del analito será mayor si el coeficiente de partición es mayor. Durante la extracción gaseosa, este tipo de análisis aplica dos formas³⁴.

El Headspace Estático: Método bastante eficiente aplicado cuando los componentes son altamente volátiles. Una sola alícuota de gas extraída es analizada y la información obtenida a partir de ella es usada para determinar la naturaleza y concentración de los analitos volátiles presentes en la muestra original. Comprende tres etapas.

1. La muestra líquida o sólida es colocada en un vial, el cual es sellado debido a que tiene un volumen de gas por encima de la muestra. Luego, es calentado a temperatura constante (°C) hasta alcanzar el equilibrio entre las dos fases.
2. El vial es presurizado con el mismo gas de arrastre (He), usado como fase móvil en la cromatografía de gases.
3. Finalmente el gas es transportado a la columna de separación.

El Headspace Dinámico: Conocido también como Método de Purga y Trampa, trabaja con muestras cuya volatilidad es baja y comprende una serie de extracciones continuas, donde los analitos liberados rápidamente, a partir de una trampa, son colectados y analizados.

Por otro lado, el muestreo para el análisis por Headspace puede ser desarrollado de manera manual o usando instrumentos automáticos. De la misma manera que usa el HS-GC estático, el líquido, el sólido o muestra gaseosa es colocado en un vial y sellado con una tapa de aluminio y una septa. La microextracción en fase sólida (SPME) utiliza como fase estacionaria una fibra de sílica fundida, conectada al émbolo, dentro de una aguja de la jeringa del GC modificado. La aguja perfora la septa, del vial de muestra, y la fibra interna es empujada hacia abajo para ser expuesta sobre la muestra gaseosa o Headspace.

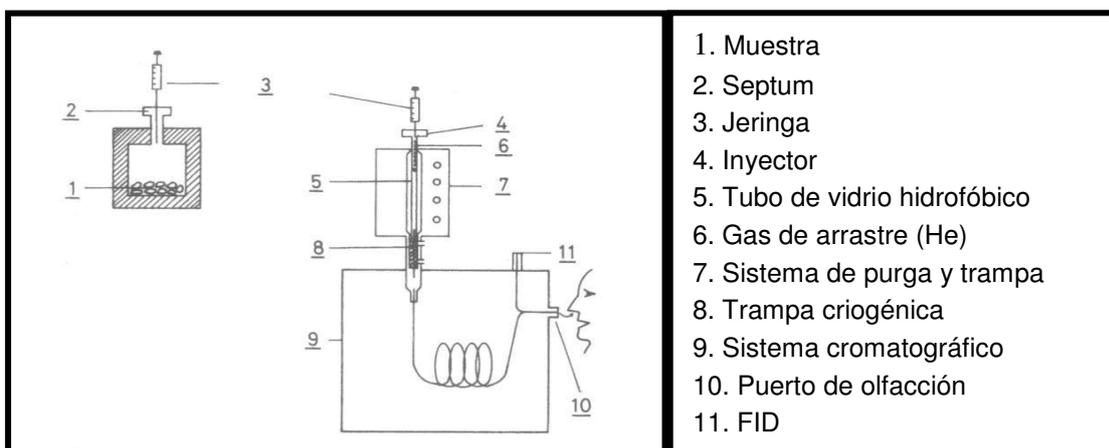


Fig. N° 3. Esquema del *headspace* usado para la extracción de componentes volátiles³².

II.8 IDENTIFICACIÓN DE ALGUNOS COMPONENTES VOLÁTILES, QUE DAN AROMA Y SABOR AL CACAO

La separación e identificación de mezclas complejas en una sola operación, ha sido posible debido al desarrollo de la cromatografía de gases, acoplado a un espectrómetro de masas (GC/MS). Un sistema como éste, consta de un gas de arrastre, un puerto de inyección de muestra, una columna, horno conteniendo a la columna y un espectrómetro de masas con fuente de ionización, analizador de masas y un detector. La elección de la fase estacionaria de la columna, depende de la naturaleza de los componentes de la muestra a ser separados y la muestra se

volatiliza en el puerto de inyección, al ser inyectada, con exactitud y precisión en la cabeza de la columna cromatográfica.

El espectrómetro de masas, por su parte, contiene un detector de iones, que convierte el haz de iones en una señal eléctrica de los componentes de la muestra; la que al ser procesada y almacenada en la memoria de un ordenador es mostrada mediante el registro de las señales respectivas³⁵.

El análisis de la fracción volátil del cacao ha ido progresando rápidamente en los últimos años y a la fecha, existen por lo menos 500 compuestos volátiles que han sido identificados como los responsables del aroma y sabor del cacao, principalmente del cacao tostado³⁶.

III. PARTE EXPERIMENTAL

Las muestras de semillas utilizadas para conocer el efecto de la frecuencia de remoción, durante el proceso de fermentación, fueron extraídas a partir de mazorcas de Cacao (*Theobroma cacao*, L.) de la variedad trinitario y procedentes de Satipo (Región Junín). En el desarrollo del presente trabajo fueron dos las frecuencias de remoción consideradas: T1 (tratamiento 1) y T2 (tratamiento 2). Se espera que estos tratamientos nos permitan conocer su influencia; tanto en el color como en la apariencia de los granos secos, identificados mediante la prueba de corte. La evaluación de la calidad del licor de cacao se hizo mediante el análisis sensorial y aplicando el método HS-SPME-CG/MS. El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de una empresa cacaotera de la zona, así como también en los laboratorios de APPCACAO.

III.1 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

Tabla N° 3. Condiciones instrumentales empleadas en el GC/MS método SPME.

Cromatógrafo de Gases, marca Agilent Technologies 7890A / Espectrómetro de Masas 5975C	
INYECTOR Temperatura	Splitless 240°C
Modo de inyección	Manual Splitless
COLUMNA	DB – 5MS
Fase estacionaria	J&W Scientific de 5% fenil- polidimetilsiloxano
Dimensiones	60 m x 250 µm x 0.25 µm
PROGRAMACIÓN DE TEMPERATURAS	
Temperatura inicial	50°C por 5 min
Rampa de temperatura 1	4°C/min hasta 220°C
Rampa de temperatura 2	2°C/min hasta 230°C
Rampa de temperatura 3	6 °C/min hasta 260 °C por 4 min
Tiempo total de análisis	61,5 min
GAS PORTADOR	He,
Flujo en columna	20 mL/min
DETECTOR	MS
Temperatura	240°C

Sistema de Extracción para CG/MS:

- Soporte de fibras SPME para uso manual (Supelco)
- Fibras de SPME: CARPDMS (85 µm Carboxen/Polidimetilsiloxano)
- Baño de ultrasonido (P-Selecta).
- Viales de espacio de cabeza (25 mL) con sus correspondientes cápsulas de aluminio y septa recubiertos de PTFE/silicón.

OTROS EQUIPOS:

- Estufa Eléctrica Marca Autonics Modelo TZ4ST
- Mufla Marca Autonics modelo TZ4ST.
- Potenciómetro Marca Schott
- Materiales para la titulación.
- Equipo Soxhlet.
- Balanza analítica Marca Sartorius Modelo BL210.
- Secador solar.

MATERIALES

- Incubadora termostataada que albergaba las cajas fermentadoras e incluye un termohigrómetro.
- Tres cajas de madera para la fermentación: 25x25x25 cm.
- Vernier.
- Termómetro Laser.
- Licuadora.
- Moledora de grano (Corona).
- Guillotina
- Matraces de 250 mL
- Beakers de 100 mL y 150 mL
- Micro pipeta de 1 mL
- Fiolas de 250 mL
- Placas de metal
- Cápsulas.

- Cronómetro
- Soporte universal y pinzas
- Bolsas Plásticas.

REACTIVOS

- Biftalato de Potasio.
- NaOH 0.1 N.
- Éter de Petróleo

III.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las cajas para la fermentación fueron colocadas dentro de una incubadora termostataada a 40°C y con control del porcentaje de humedad relativa (%HR). Los objetivos de la investigación se cumplieron al evaluar, durante la fermentación, dos intervalos de remoción: T1 y T2, los cuales fueron interrumpidos al sexto día y las semillas trasladadas para ser secadas a sol directo. El tiempo para la fermentación y secado de las semillas, de cacao trinitario fue, aproximadamente, diez días y el procedimiento a seguir incluye a los siguientes pasos:

1. Las mazorcas de cacao deben ser cosechadas en un solo día.
2. Por cada tratamiento se realizaron tres repeticiones y como en cada cajón se fermentaban las semillas de 110 mazorcas; para cada tratamiento se requerían las semillas de un total de 330 mazorcas, las que fueron distribuidas en tres cajones fermentadores.
3. El tiempo de fermentación, para ambos tratamientos, fue de seis días y los intervalos de remoción, correspondieron a cada tratamiento (T1 y T2).
4. Para el T1 se tomó como referencia el Protocolo³⁷ de Amores et al., 2007; quien fija como frecuencia de remoción las 24h, 72h y 120h. A las 144h (sexto día), se corta la fermentación y se retiran las semillas del fermentador, para ser expuestos en sus respectivos secadores solares.

5. Durante el T2, las remociones de la masa se realizaron cada 24 horas (24h, 48 h, 72 h, 96 h y 120h) y al igual que en T1, al sexto día se interrumpió la fermentación y las semillas fueron retiradas para ser secadas.
6. Durante el periodo establecido para la fermentación y luego de cada remoción se hizo el control de la temperatura de fermentación, de los valores de pH y del grado hinchamiento de la semilla.
7. La forma de secar para T1 y T2 fue la misma. Los tiempos de exposición al sol fueron graduales, se realizaron durante cinco días; con el soleado incrementándose en una hora, entre un día y otro. El primer día la exposición al sol fue durante dos horas, el segundo tres horas y así sucesivamente durante el tercer y cuarto día; siendo la exposición de, aproximadamente, nueve horas en el quinto día.
8. Durante el secado, se controló la temperatura de secado, el espesor del grano de cacao y porcentaje de humedad del grano en base seca.
9. En los granos de cacao seco y para cada uno de los tratamientos se realizaron el análisis proximal y prueba de corte.
10. Los granos secos, se tuestan durante un tiempo y a una temperatura fijada para el cacao trinitario.
11. Los granos tostados y pelados manualmente, son primero convertidos en “nibs” y luego molidos para obtener pasta de cacao.
12. La pasta de cacao es sometida al análisis sensorial y por HS-SPME-GC/MS, a la separación e identificación de los componentes de la mezcla.

III.3 EVALUACIÓN DE LOS GRANOS SECOS Y DE LA PASTA DE CACAO

Los análisis físicos y químicos, aplicados a los granos secos de cacao, se realizaron de acuerdo al manual de métodos de la A.O.A.C. y la Norma Técnica Peruana (NTP). La secuencia que comprende cada una de las etapas del proceso se muestran en la figura N°4 y abarca desde la recepción de las mazorcas de cacao hasta la obtención de la pasta o licor de cacao.

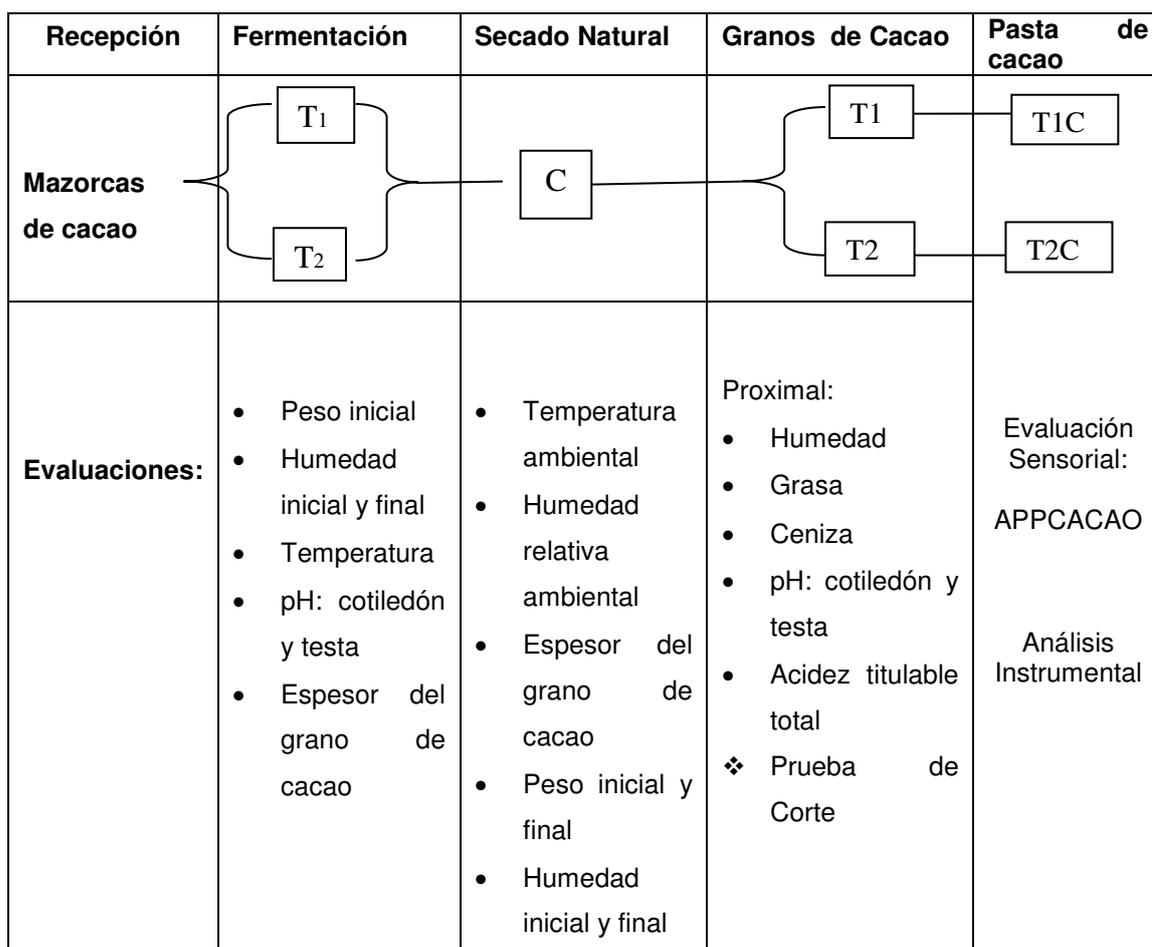


Fig. N°4. Secuencia del proceso, desde la recepción hasta la obtención de la pasta de cacao.

III.3.1 Procedimiento experimental para evaluar granos secos

- **Medición del pH:** Durante el proceso de fermentación se determina el pH en la testa, en el cotiledón y a los granos secos³⁸. Los ensayos se realizaron, por triplicado, tomando 5 semillas al azar como muestra, al inicio de la fermentación y después de cada remoción. A cada muestra de 5 semillas, se les separa la testa (cáscara más mucílago) del cotiledón y colocándolos en los beaker se les añade 50 y 100 mL de agua destilada. Se procede a su licuación y usando un potenciómetro se mide el pH.
- **Prueba de corte:** Esta prueba se realiza, aplicando la NTP-ISO 1114¹, al final del secado. Incluye el uso de una guillotina con capacidad para 50 granos, realizando un corte transversal, de granos que son escogidos al azar.

Para cada repetición, el ensayo se realizó por seis veces y los resultados de los granos, adecuadamente fermentados, se asignaron a aquellos en los que sus cotiledones fueron de color pardo y agrietado con surcos pronunciados. Los granos que presentaban coloración violeta de sus cotiledones, fueron designados como granos mal fermentados o aquellos a los que les faltó más tiempo de fermentación, para lograr una coloración marrón. Los colores oscuros corresponden a los granos sobre fermentados y los planos por lo general carecen de surcos y grietas.

- **Determinación del contenido de grasa:** Con el fin de conocer la influencia de la frecuencia de remoción, durante la fermentación, y saber si el contenido de grasa se encontraba dentro de los límites de aceptación de las normas técnicas; se realizaron las evaluaciones aplicando la NTP 208-016³⁹.

Procedimiento:

- a. retirar del horno los matraces de extracción sin tocarlos con los dedos, luego enfriar en un desecador y pesar con aproximación de miligramos.
- b. Pesar en un dedal de extracción manejado con pinzas, de 3 a 5 g de la muestra seca con aproximación de miligramos y colocar en la unidad de extracción. Conectar al extractor el matraz con éter de petróleo a 2/3 del volumen total.
- c. Llevar a ebullición y ajuste el calentamiento de tal manera que se obtengan alrededor de 10 reflujos por hora. La duración de la extracción dependerá de la cantidad de lípidos en la muestra; para materiales muy grasos será de 6 horas.
- d. Al término, evaporar el éter por destilación o con rotovapor. Colocar el matraz en el horno durante hora y media para eliminar el éter. Enfriar los matraces en un desecador y pesar con aproximación de miligramos.

Cálculos:

$$\%lipidocrudo = \frac{(B - A) * 100}{C} = \frac{(114,8299 - 112,6196) * 100}{5,0022} = 44,187\%$$

Donde:

A = Peso del matraz limpio y seco (g)

B = Peso del matraz con grasa (g)

C = Peso de la muestra (g)

D = Peso de la grasa (g)

- **Control de humedad:** Fue realizado al iniciar la fermentación y un control durante el secado, con la finalidad de identificar las condiciones óptimas para el secado. La evaluación se realizó aplicando el método de la NTP 208-017⁴⁰ en base seca, donde se indica pesar la placa metálica más la tapa y tarar la placa sola, luego pesar alrededor de 5-10 g de muestra previamente molida, colocar la muestra en un horno a 105 °C por mínimo 12 h, pasadas las 12 h dejar enfriar la muestra en un desecador, pesar nuevamente cuidando que el material no este expuesto al medio ambiente.

Cálculos:

$$\%Humedad = \frac{[C - (B - A)] * 100}{B - A} = \frac{[(4,8227 - (63,0074 - 58,8847)] * 100}{(63,0074 - 58,8847)} = 16,98\%$$

Donde:

A = Peso de la placa limpia y seca (g)
 B = Peso de la placa + muestra seca (g)
 C = Peso de la muestra húmeda

- **Acidez titulable total:** Las evaluaciones se realizaron en los granos secos de cacao con el fin de conocer la influencia de la frecuencia de remoción, durante la fermentación, para saber si el contenido de acidez del cacao se encontraba dentro de los límites de aceptación de las normas técnicas. El método aplicado fue la 942.15 de la A.O.A.C.⁴¹ y el procedimiento seguido utiliza 5 g de cacao en polvo, el cual se coloca en una suspensión de 50 mL con agua destilada. La suspensión fue sometida a agitación durante una hora y para la determinación de la acidez total de la muestra se realizó la titulación potenciométrica, usando una solución estandarizada de hidróxido de sodio 0,1043 N hasta un valor de pH 8,3. Los resultados fueron expresados en mL de hidróxido de sodio 0,1043 N, necesarios para neutralizar la acidez contenida en 1g de almendras de cacao.
- **Contenido de cenizas:** Los ensayos fueron realizados al final del secado y se basaron en la NTP 208-015⁴², donde una cápsula limpia de porcelana, colocada en la mufla a 600 °C durante 30 minutos y enfriada en el desecador para ser pesada y tarada; fue utilizada para determinar el residuo inorgánico

que queda después de la incineración total de la materia orgánica. Aproximadamente, 2 g de muestra fueron transferidos a dicha cápsula y colocada cerca de la puerta de la mufla, la que debe estar abierta por 15 minutos. Finalmente se cierra la puerta y se calcina en la mufla a 600°C por 2 horas, luego del cual se sacó la cápsula, dejó enfriar y pesó tan pronto como la cápsula alcanzo la temperatura ambiente.

III.3.2 Etapas que comprende la preparación del licor de cacao

Para obtener el licor de cacao, las semillas completamente secas son sometidas a una secuencia de etapas que permitan obtener una masa fluida, viscosa y homogénea, de color marrón oscuro brillante. Los pasos que se siguen son:

1. Pesar alrededor de 250 a 300 g de grano de cacao.
2. La muestra es tostada en estufa o tostador. En la tabla N°4 se muestra los valores de temperatura y tiempo de tostado adecuados.

Tabla N° 4. Temperaturas de tostación para tipos de cacao

Variedad	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
Trinitario	123-127	27-30
Criollo	115-120	15-20
Forastero	145	30-35

3. Se descascarilla, manualmente, la muestra tostada.
4. La molienda se realiza colocando los granos de cacao en el molino, previamente tostados y descascarillados.
5. El licor de cacao, listo para el catado, se obtiene a partir de una molienda muy fina de granos que tienen dimensiones alrededor de 20 a 30 micrones.

III.3.3 Consideraciones previas para el análisis sensorial del licor de cacao

Una evaluación sensorial adecuada establece un conjunto de requisitos, los cuales incluyen condiciones básicas para el área de evaluación y aquellas que deberán cumplir los catadores, en lo que a entrenamiento y conducta a seguir se refiere.

Respecto de la primera condición, se debe contar por los menos con dos ambientes: uno para la preparación y almacenamiento de muestras y otra para el trabajo de los catadores. Ambos ambientes deben ser ventilados, agradables, tranquilos y sin ruidos molestos, con buena iluminación y disponibilidad de instalaciones sanitarias, mobiliario y equipos.

En cuanto a la contribución del catador, éste debe estar familiarizado y entrenado con el uso del olfato y el gusto, tal que al incrementar su sensibilidad y memoria sensorial sea capaz de identificar y calificar atributos sensoriales. Una condición importante y que permitirá lograr un buen aprendizaje, es el estado emocional y la tranquilidad del catador, al igual que la práctica y la fase de discusión al finalizar cada sesión. Así mismo, debe ser autónomo, tener seguridad y confiar en sus atributos personales respecto del sabor que evalúa. Sin embargo, además de estas pautas, es necesario referirnos a las consideraciones, previas y durante las evaluaciones, que todo catador debe tener en cuenta.

a. Requisitos que todo catador deberá cumplir y que preceden a las evaluaciones

1. Prescindirá de artículos de higiene aromáticos, cuyos olores persistan en el momento de las catas.
2. Estará exento de enfermedades gripales, resfríos y tos.
3. Por lo menos un día antes de las pruebas, no deben fumar ni beber alcohol, café o infusiones que contengan canela u otras especias.
4. Por lo menos 2 horas antes de las sesiones, no usará cremas dentales, enjuagues bucales, pastillas o gomas de mascar.
5. Por lo menos una hora antes de las catas, no deberá ingerir alimentos.

6. Por lo menos 30 minutos antes de cada sesión, no debe emprender periodos prolongados de ejercicio riguroso.

b. Pautas a ser seguidas durante las evaluaciones

1. Es recomendable que las sesiones se realicen entre las 10:00-11:00 h ó entre 16:00-17:00 h y durante la evaluación se deberá mantener completo silencio, evitar hacer gestos que puedan perturbar al grupo de catadores e influencien en los resultados.
2. Toda instrucción, distribuida durante las sesiones de ensayos, debe ser leída cuidadosamente y comprendida antes de iniciar las evaluaciones. Si antes de iniciar la sesión usted tiene dudas respecto de las instrucciones, siéntase libre para formular cualquier pregunta.
3. Debe asegurarse que antes de las pruebas, los materiales (cucharillas, servilletas, vaso con licor, espátula; etc.) estén completamente ordenados.
4. En base a una tabla aleatoria, los envases deben estar identificados con un código numérico de tres dígitos.
5. Las muestras del licor de cacao serán colocadas en recipientes adecuados y en baño maría a una temperatura de 45⁰C .
6. Para impedir la volatilización de los aromas, mientras se encuentran en baño maría, los envases deben estar cubiertos con papel de aluminio.
7. Luego de iniciada la sesión y hasta que todos los panelistas hayan concluido las evaluaciones; para no influir en sus decisiones evite emitir opinión acerca de las muestras objeto de ensayo.
8. Se deberá disponer del formato de evaluación, lápices de grafito, identificación de las zonas de degustación de la lengua (Fig.Nº5) y el glosario sensorial. El formato presenta una escala de 0 a10, siendo ésta una apreciación un tanto subjetiva:
0: ausente, 1-3: leve, >3-5: moderado, >5-7: fuerte, >7-8: muy fuerte, >8: intenso
9. Antes de continuar con el siguiente ensayo se debe repetir, individualmente, por lo menos dos veces cada muestra y es aconsejable que entre una muestra y otra “aclarar” la boca con agua, comer una galleta de soda sin sal y descansar por lo menos un minuto.

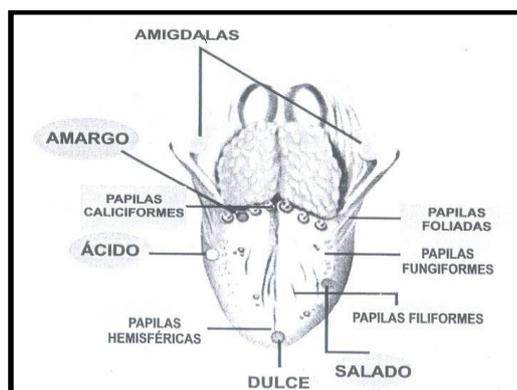


Fig. N°5. Identificación de las zonas degustativas de la lengua³¹.

III.3.4 Procedimiento para el análisis sensorial del licor de cacao

Incluye a las diferentes fases y apreciaciones de los atributos del licor de cacao:

1. La fase olfativa que se realiza mediante la remoción y olfateado del licor.
2. La fase de los comentarios y la anotación de los aromas.
3. En la fase gustativa se coloca la cuchara invertida y deposita el licor sobre la lengua; distribuyéndolo inmediatamente por toda la cavidad bucal, para determinar la intensidad de cada atributo.
4. En la fase retronasal se aprecia los cambios en la intensidad de la acidez, en función del tiempo y el tipo de acidez.
5. Identificar y poner atención a las zonas de la lengua.
6. Tener claridad para asociar los sabores de cada atributo.
7. Usar un vocabulario específico: Astringencia, amargo, ácido; etc.
8. Los sabores deben identificarse y evaluar su intensidad en los primeros 20 segundos. Existen sabores que cambian rápidamente y luego pueden detectarse otros atributos y defectos.

III.4 EXTRACCIÓN DE LOS COMPONENTES VOLÁTILES POR HS-SPME

En un vial de 25 mL fueron colocados 2 g de pasta de cacao, cerrado herméticamente y llevado a un baño de ultrasonido por 5 min. Manteniendo el sistema a 60°C, se inyecta en el espacio de cabeza del vial una jeringa conteniendo una fibra de 85 µm de Carboxen / Polidimetilsiloxano y se le mantiene en el interior

por 30 min. Durante este periodo, los componentes volátiles del analito son retenidos por la fibra; luego del cual se retiran, la jeringa y la fibra, del espacio de cabeza y para procesar y registrar los volátiles adsorbidos, fueron desorbidos a 240°C durante 10 minutos, en el puerto de inyección del Cromatógrafo de Gases.

La identificación de los componentes volátiles se basa en la comparación, de sus espectros de masas, con la librería de espectros NIST 08⁴³.

IV. RESULTADOS

La influencia de la frecuencia de remoción (T1 y T2), durante el tiempo de fermentación, nos ha permitido conocer los cambios que la semilla experimenta; respecto de la variación de la temperatura, el pH, el grosor de la almendra y el porcentaje de humedad.

La Fig. N°6, nos muestra la variación de la temperatura, durante la fermentación, en función del tipo de tratamiento.

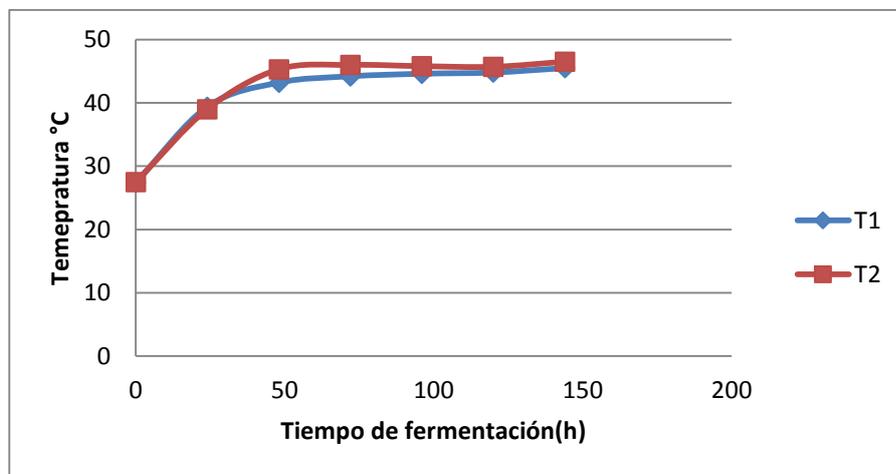


Fig. N°6. Variación de la temperatura, en función del tiempo (h) de fermentación.

En la Fig. N°7, se observa cómo cambia el pH, de la testa y cotiledón, en función del tiempo de fermentación y el tipo de tratamiento.

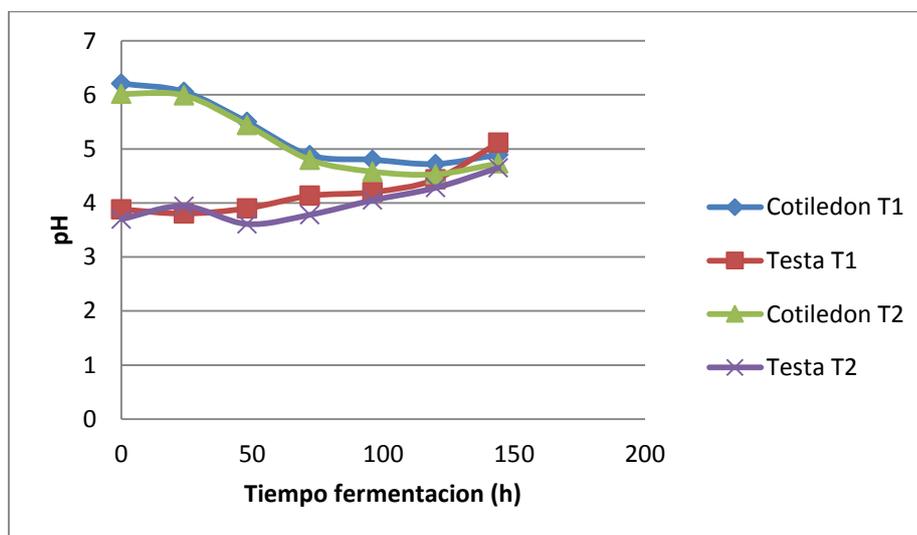


Fig. N° 7. Evolución del pH, del cotiledón y la testa, durante la fermentación.

La Fig. N°8, nos muestra el grado de hinchamiento o grosor de la semilla, de acuerdo al tratamiento, durante la fermentación y secado de los granos de cacao.

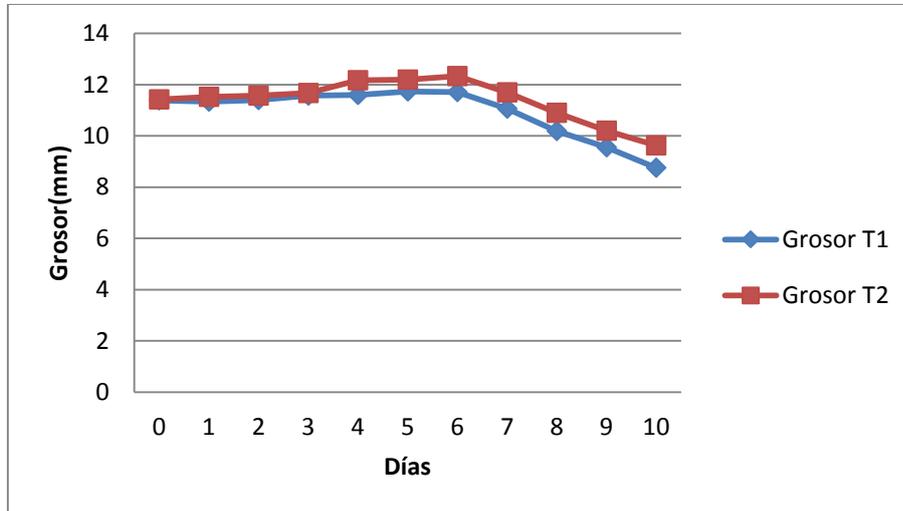


Fig. N°8. Evolución del grosor de la semilla, durante la fermentación y secado.

En las figs. N°9 y N°10, se muestran los resultados de la variación de la pérdida de humedad y de las condiciones ambientales, durante el secado de granos de cacao, obtenidos mediante los tratamientos T1 y T2.

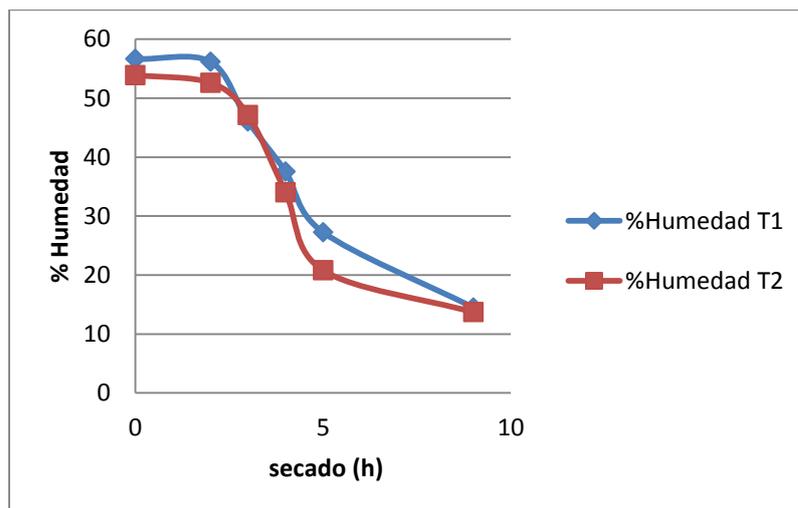


Fig. N°9. Variación del porcentaje de humedad durante el secado.

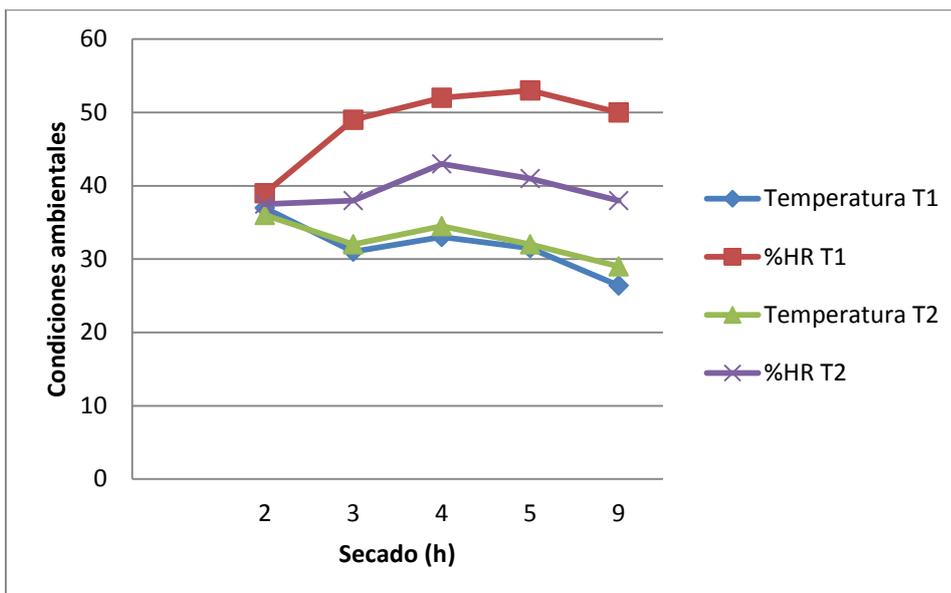


Fig. N°10. Evaluación de las condiciones ambientales durante el secado.

Por otro lado, la calidad del grano seco, como resultado de ambos tratamientos, fue evaluado mediante ensayos físicos y químicos.

En la Fig. N°11, se muestran los índices de fermentación que fueron obtenidos durante cada tratamiento.

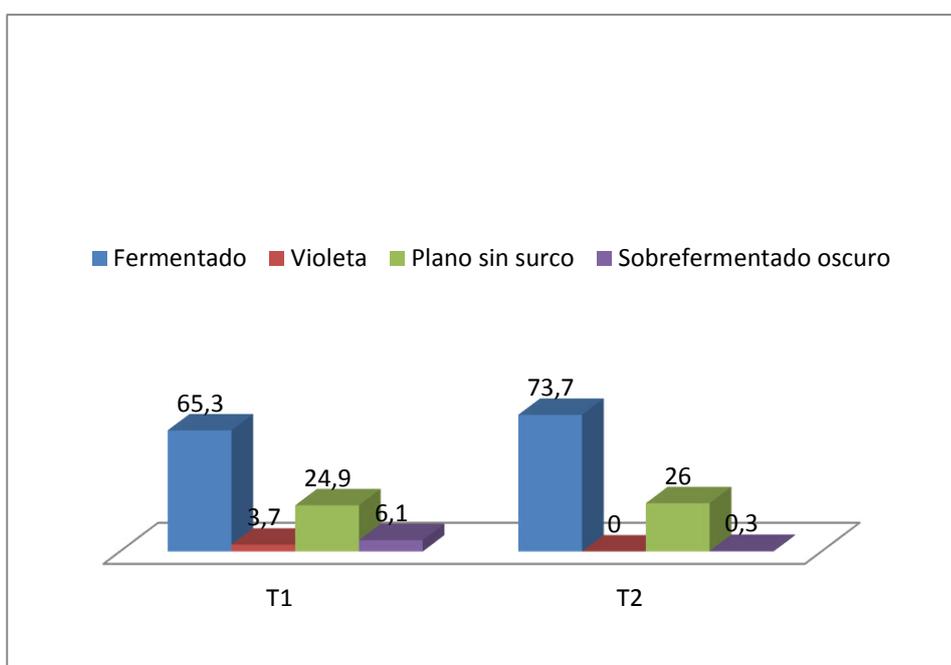


Fig. N°11. Índices de fermentación de los granos en función de sus características físicas.

Tabla N° 5. Resultados del análisis químico del grano de cacao seco

Parámetros de control	T1	T2
% grasa	39,06	48,84
% ceniza	3,22	3,09
% humedad	14,27	13,7
% Acidez titulable total	1,23	1,58
pH del cotiledón	5,0	4,71
pH de la testa	6,23	5,29

En la tabla N°5 se indican la composición porcentual de grasa, ceniza, humedad y acidez titulable total de los granos secos, así como los valores de pH, de la testa y cotiledón, después de la fermentación y secado.

La Fig. N°12 nos muestra los resultados de la evaluación sensorial, realizada por los panelistas del APPCACAO, de los licores de cacao según sus intensidades en sabor, aroma, astringencia, amargor y acidez; obtenidos de acuerdo a T1 y T2.

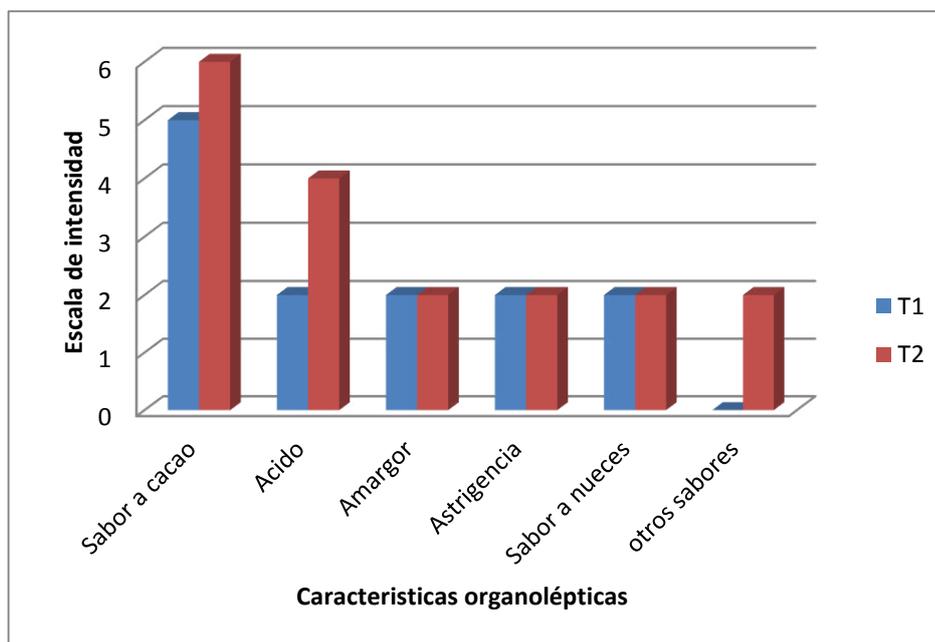


Fig. N°12. Evaluación sensorial de la pasta de cacao, de ambos tratamientos.

Resultados del análisis químico instrumental de licor de cacao para la determinación de compuestos volátiles.

Tabla N°6 Composición de compuestos volátiles de pasta de cacao "T1"

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t _R (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	2,5-Dimetilpirazina	13,91	0,97
2	α-Pineno	15,50	0,83
3	Benzaldehído	17,40	0,80
4	β-Mirceno	19,07	1,16
5	trimetilpirazina	19,90	20,26
6	1-metil-4-(1-metiletil)-benceno	21,21	0,40
7	D-Limoneno	21,47	1,95
8	Bencenacetaldehido	22,26	0,48
9	Desconocido	23,39	2,12
10	Tetrametilpirazina	24,43	55,63
11	Desconocido	25,02	7,42
12	Feniletilalcohol	25,78	1,15
13	2,3,5-Trimetil-6-etilpirazina	27,44	1,84
14	1-(3,5-dimetilpirazinil)- etanona	30,08	0,37
15	Desconocido	30,96	0,38
16	2-Fenietil éster del ácido acético	31,43	1,07
17	2,3,5-Trimetil-6-isopentenilpirazina	36,14	0,59
18	Desconocido	36,38	0,61
19	Desconocido	38,49	0,35
20	5-Metil-2-fenil-2-hexenal	39,38	0,37
21	2,2,4-Trimetil-1,3-pentenediol diisobutirato	42,38	0,62
22	bis-(2-metilpropil) éster del ácido 1,2-bencendicarboxílico	49,90	0,63

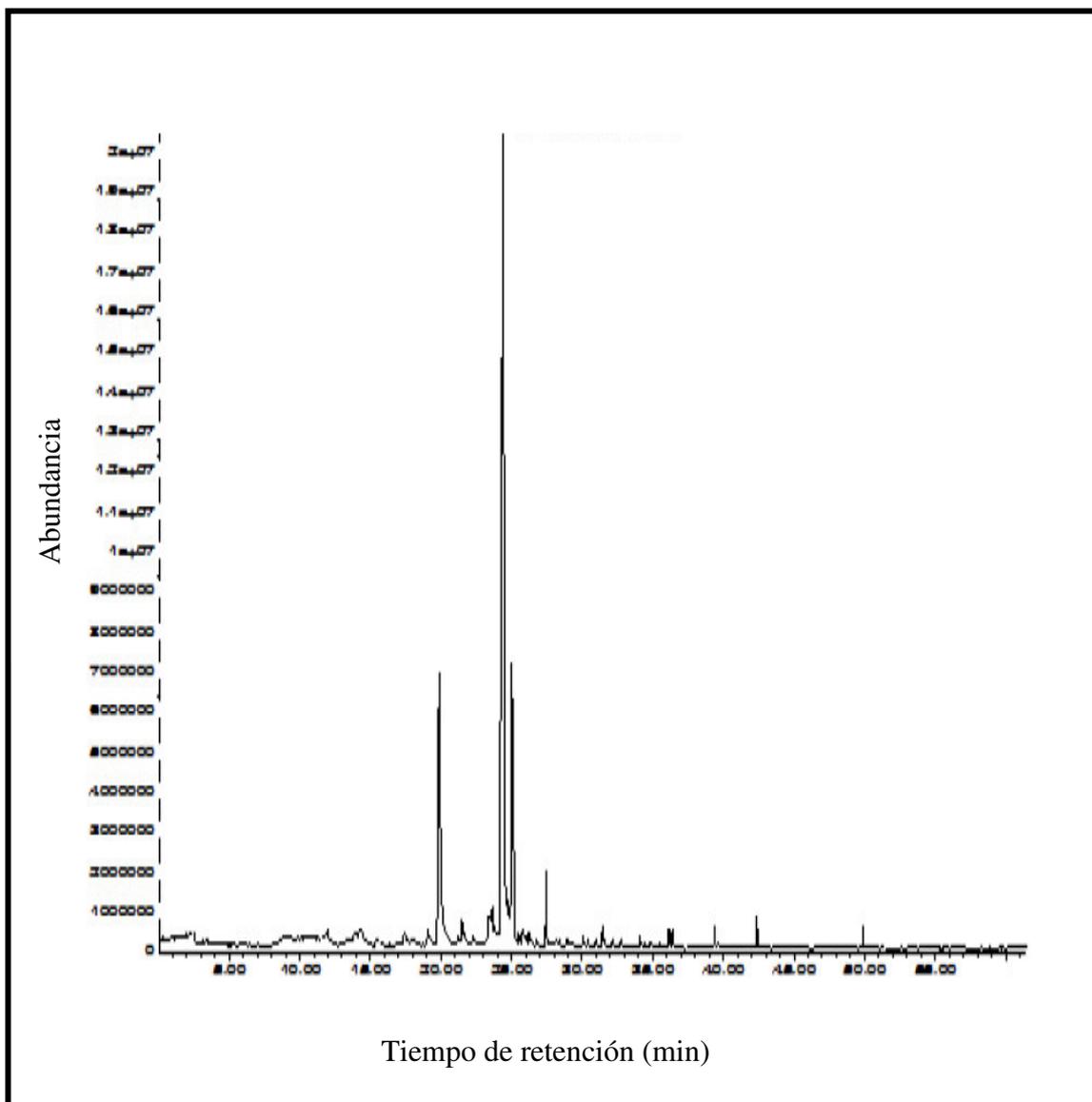


Fig. N°13. Cromatograma de compuestos volátiles de pasta de cacao "T1"

Tabla N°7. Composición de compuestos volátiles de pasta de cacao "T2"

Número	Nombre del compuesto (NIST08.L)	t_R (min)	% en la muestra (áreas relativas)
1	Ácido 3-metil butanoico	11,15	4,51
2	Ácido 2-metil hexanoico	11,95	6,77
3	2,5-Dimetilpirazina	16,11	0,86
4	α -Pinoeno	17,16	2,06
5	Benzaldehído	18,87	1,13
6	β -Pinoeno	19,83	0,41
7	β -Mirceno	20,31	3,83
8	Trimetilpirazina	20,99	10,78
9	1-metil-4-(1-metiletil)-benceno	22,37	6,85
10	D-Limoneno	22,63	11,76
11	Bencenacetaldehído	22,84	10,45
12	Desconocido	24,21	1,14
13	Acetofenona	24,52	2,26
14	Tetrametilpirazina	25,31	35,24
15	Octanal	47,08	1,94

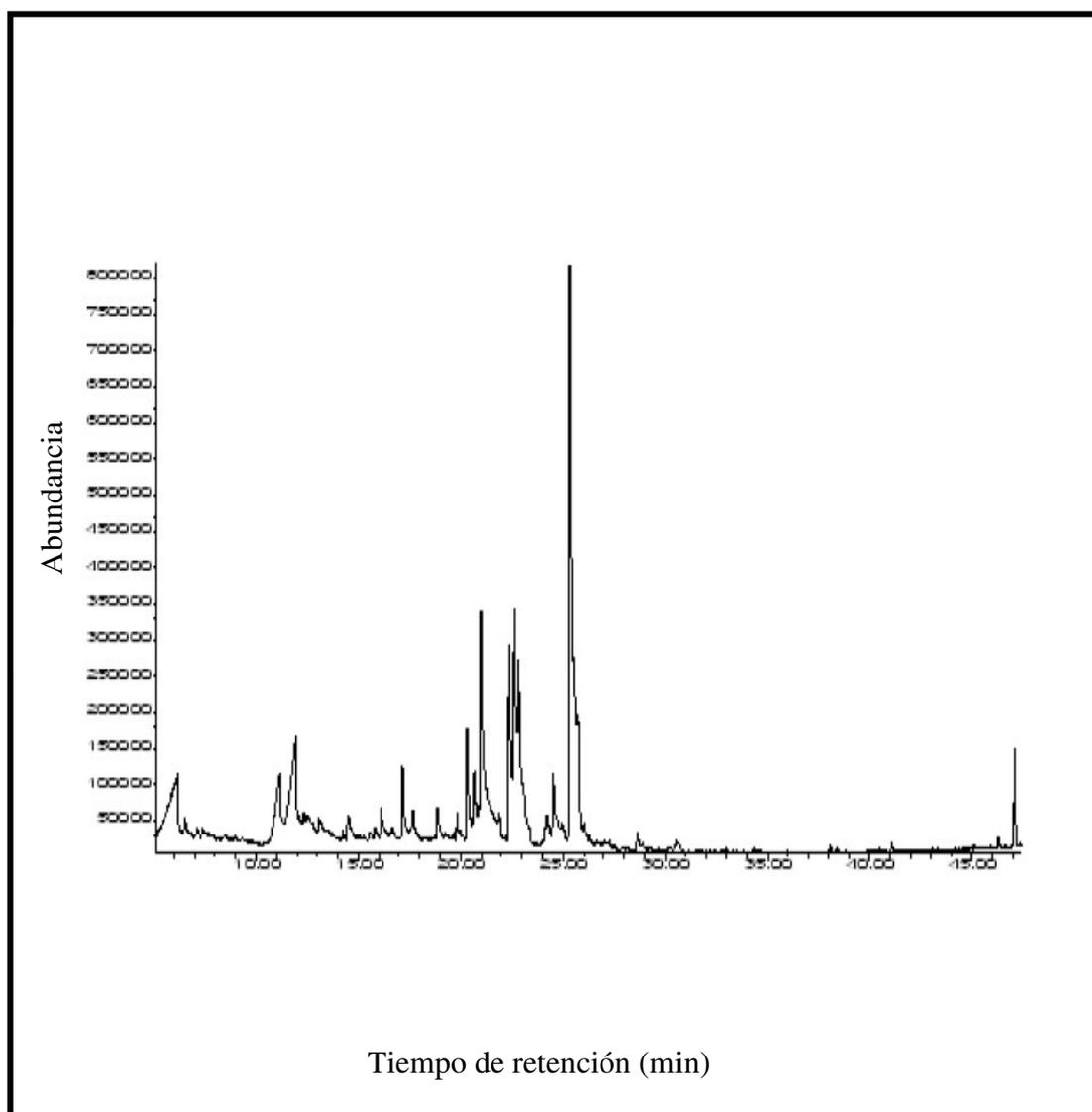


Fig. N°14. Cromatograma de compuestos volátiles de pasta de cacao “T2”

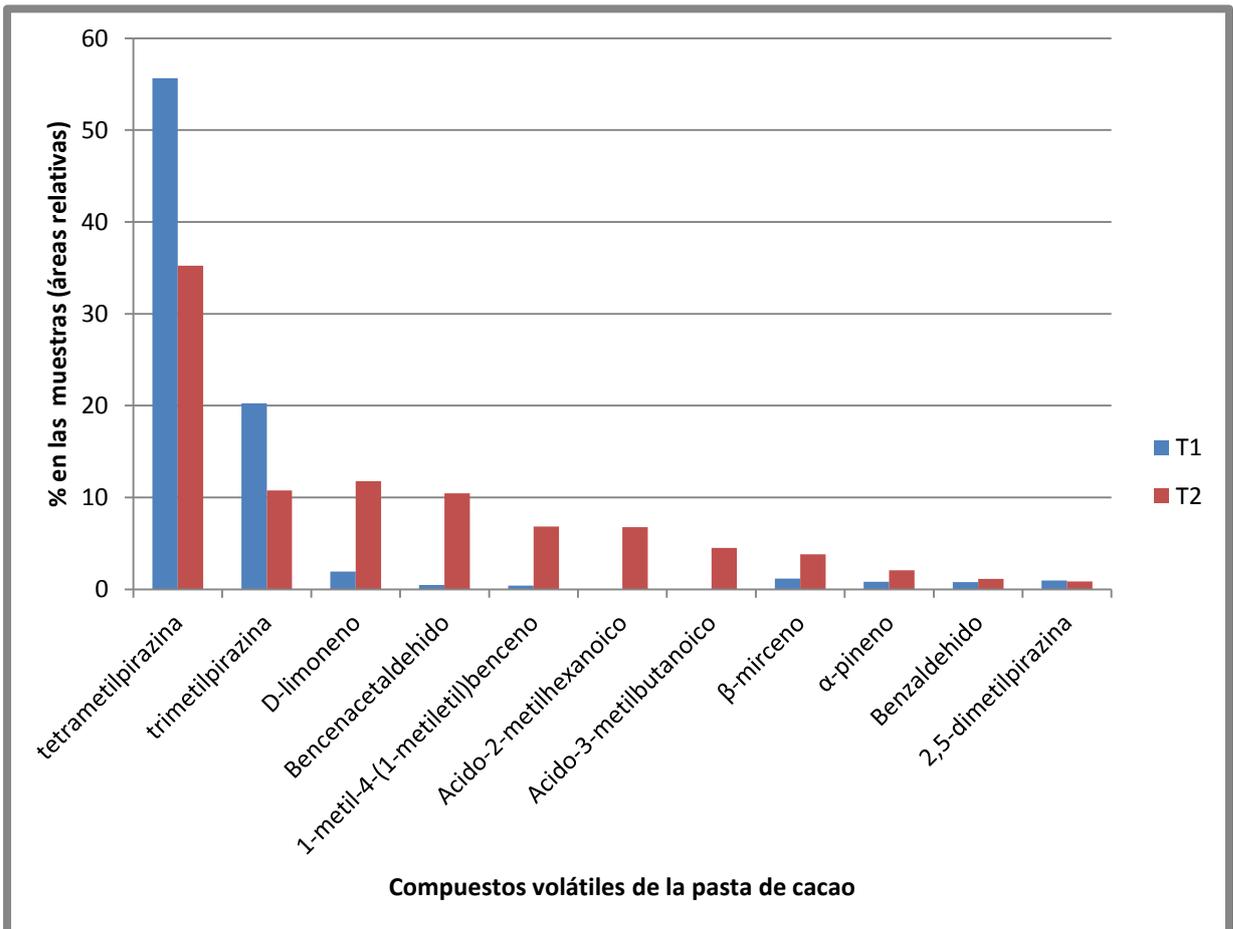


Fig. N°15 Concentración de volátiles responsables del sabor y aroma de la pasta de cacao

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los tratamientos, T1 y T2, se refieren a los intervalos, de tiempos diferentes, entre los cuales se realizó la remoción de las semillas de cacao, durante el proceso de fermentación. Para evaluar la influencia de dichos tratamientos, en función del tiempo de fermentación, se hicieron mediciones de temperatura, pH, cambios en el grosor de la almendra y variación en el porcentaje de humedad.

En la Fig. N°6 se observa un incremento de la temperatura durante las primeras 30 horas de fermentación. Alrededor de las 48 horas se produce una diferencia de 2°C en la temperatura de T2 con respecto a la de T1. Esta diferencia se reduce a 1°C, aproximadamente, a las 72 horas y continúa disminuyendo hasta alcanzar la misma temperatura, al término de la fermentación.

Este comportamiento se explica porque la frecuencia de remoción en T2 es cada 24 horas (diaria), donde una aireación más frecuente, de la masa, intensifica la fermentación aeróbica, con formación del ácido acético y liberación de calor.

La presencia del ácido acético se manifiesta en el valor del pH y grosor del grano, del T2 con respecto al T1 que se observan en las figuras N°7 y N°8. En estas figuras, también se observa que los valores de estos parámetros no llegan a entrecruzarse, el cual puede ser atribuido a la remoción diaria a la que fue sometido. El ligero incremento del grosor se debe a las transformaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones y como es de esperar con el T2 se produce un cambio mayor que en el T1.

En ambos tratamientos, se observa que al empezar el tercer día de fermentación, las almendras del T2 alcanzan mayor grosor que las almendras del T1; experimentando un decaimiento en su grosor debido a la pérdida de humedad y manteniendo dicha diferencia hasta finalizar el secado.

Para evaluar la pérdida de humedad se ha tomado en cuenta el porcentaje de humedad ambiental (Fig. N°10) y al comparar la pérdida de humedad (Fig. N°9) se

observa que en ambos tratamientos siguen un comportamiento similar. El proceso se inicia cuando las almendras son expuestas al sol durante 3, 4 y 5 horas por día; llegando a producirse una pérdida de humedad de alrededor del 30%. Cuando la exposición al sol fue de 9 horas, la pérdida de humedad sólo alcanzó el 9%. En relación a la humedad relativa, se observa una diferencia de aproximadamente el 10%HR.

Hasta aquí, los resultados obtenidos nos muestran que la aireación de la masa de cacao favorece el proceso de fermentación y el desarrollo de microorganismos aeróbicos, al incrementarse la temperatura. Todo ello activa la descomposición de la célula de los cotiledones y se producen nuevas reacciones químicas, las que continúan durante el secado y determinan las características de la composición del grano seco. Su evaluación ha sido realizada mediante ensayos físicos y químicos, donde la prueba de corte es una de ellas. Ésta nos permite reconocer los granos mejor fermentados, identificados por desarrollar el color marrón, mientras que aquellos que no logran una buena fermentación son de color violeta. En la Fig. N°11 se observa que al aplicar el T2 el porcentaje de fermentación es mayor con ausencia de granos de color violeta. La presencia de granos planos es inherente a la naturaleza del cacao, variedad trinitario.

El grosor de la almendra tiene relación con la presencia de grasa en las células de la semilla y en la tabla N°5, se observa una diferencia de aproximadamente del 9% entre el porcentaje de grasa desarrollado en el T2 respecto del T1.

En relación al pH final de la testa y el cotiledón, luego del proceso de fermentación y secado, la acidez titulable total, resultado de ambos tratamientos, cumple con los términos aceptables para el cacao comercial, cuyo valor de pH alrededor de 5 es considerado óptimo. En la tabla N°5 se observa que el T2 cumple mejor con dicha especificación.

La humedad deseada es del 8% y el porcentaje de humedad final, logrado mediante ambos tratamientos, no alcanzó el valor referido (Tabla N°5).

En cuanto a la composición de la ceniza, entre ambos tratamientos, la diferencia es mínima.

En relación al sabor a cacao, en la Fig. N°12 se observa una intensidad fuerte para ambos tratamientos; siendo ligeramente mayor en el T2.

La intensidad de la acidez para el T2 es moderada, considerándose aceptable para su comercialización, mientras que la intensidad es leve para el T1.

Para ambos tratamientos; las intensidades de los sabores de amargor, astringencia y sabor a nueces, son leves y sus diferencias son mínimas.

Las Tablas N°6 y N°7, obtenidas a partir de los cromatogramas identificados en las figuras N°13 y N°14, muestran el porcentaje del área relativa de los componentes volátiles que dan el sabor a la pasta de cacao, en los T1, T2 y en orden del tiempo de retención.

El histograma de la Fig. N°15, respecto de las concentraciones relativas, nos muestra una mayor concentración en tetrametil pirazinas y trimetilpirazinas, con una diferencia favorable para el T1, del 20% y 10%, respectivamente.

La presencia de D-Limoneno, Bencenacetaldehido y 1-metil-4-(1-metiletil)-benceno es mayor, en casi el 7%, en el T2.

En relación a los componentes ácidos, el ácido 3-metil butanoico y el ácido 2-metil hexanoico, hacen un promedio de casi el 7% para el T2; mientras que para el T1 existe ausencia de estos componentes.

Se observa una diferencia del 2 %, favorable para el T2 respecto del T1, en lo que a β -Mirceno y α -Pino se refiere. Se encontró pequeñas diferencias, tanto entre ambos tratamientos (T1 y T2) como en el contenido de Benzaldehído y 2,5-Dimetilpirazina.

VI. CONCLUSIONES

1. Al evaluar dos frecuencias de remoción, durante la fermentación, se logra identificar los efectos de una mayor aireación de la masa (T2). Estos son:
 - Que una mayor oxigenación acelera las reacciones bioquímicas, se libera calor y produce ácido acético, disminuyendo el pH del cotiledón y la testa.
 - El incremento de la temperatura favorece el ingreso del ácido acético al cotiledón, cambiando la estructura interna e incremento de grosor.
 - La calidad final del grano seco; determinada por el índice de fermentación, el porcentaje de grasa, porcentaje de acidez total y pH final de la testa y cotiledón; también muestran una relación directa con el tipo de tratamiento.
2. El método instrumental reporta que el contenido de pirazinas, responsables del sabor y aroma a cacao, es mayor para el T1 que para el T2.

VII. RECOMENDACIONES

1. Habiendo trabajado con termostato graduado a 40 °C y según la bibliografía esta debe ser de 45°C, se recomienda evaluar temperaturas mayores de 40°C y menores de 50°C.
2. Luego de la fermentación, las semillas tienen adheridas un mucílago que para ser drenada, se recomienda usar un piso cubierto por mallas de pescador.
3. Para un secado eficiente y que permita alcanzar una humedad de 8%, se recomienda realizar remociones frecuentes.
4. Al inicio de la tostación se hace necesario conocer la humedad de los granos, caso contrario su ejecución tomaría más tiempo.
5. La teobromina, contenida en la cascarilla del cacao, le confiere sabor amargo; por lo que se recomienda un buen descascarillado.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NTP – ISO 1114, (2006). GRANOS DE CACAO. “Prueba de corte”.
2. Castellanos, H., 2011. Investigador en arqueología y antropología, explorador y desarrollador de productos ecoturísticos. Director del museo mesoamericano del Jade y del museo “Kakaw”. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.
3. Solano, S. W., 2008. “Embriogénesis somática en clones superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.)”. Tesis para optar el grado de Magíster en ciencias en agricultura ecológica. CATIE Turrialba, Costa Rica.
4. Oliveras, S. J., 2007. “La elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica”. Cartagena.
5. McGee, H. 2004. “On food and cooking”, Editorial Scribner Edition, p. 697.
6. Plúa, C. J. C., 2008. “Diseño de una línea procesadora de pasta de cacao artesanal”. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Alimentos Guayaquil-Ecuador, pp. 3-5.
7. Egas, Y. J. J. 2010. “Efecto de la inoculación con *Azotobacter* Sp. en el crecimiento de plantas injertadas de cacao (*Theobroma Cacao* L.) Genotipo Nacional, en la provincia de Esmeraldas”. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Agroindustrial. Ecuador-Quito, p. 4.
8. Dostert, N. J.; Roque, A.; Cano, M. L.; La Torre y Weigend, M. 2011. Hoja botánica, cacao, p. 5.
9. Chire, F. C. G. 2001. “Mejoramiento de chocolate para taza amargo mediante el uso de licor de cacao”. Tesis para optar el grado académico de Magister en Ciencia de los Alimentos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.

10. MINAG, 2009. Ministerio de Agricultura. "Superárboles de cacao Chunchu del Cuzco". Sistematización del primer concurso regional en el Distrito de Echarte. Gobierno regional del Cuzco, p. 12.
11. PROAMAZONIA, 2004. Manual del cultivo del cacao. Programa para el desarrollo de la Amazonia. Ministerio de Agricultura, pp. 9-12.
12. Navia, O. A. y Pazmiño, P. N. V. 2012. "Mejoramiento de las características sensoriales del cacao CCN51 a través de la adición de enzimas durante el proceso de fermentación". Tesis para optar los grados de Ingeniero de Alimentos. Guayaquil-Ecuador.
13. MINCETUR, 2008. Ministerio de comercio exterior y turismo del Perú. "Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú", p. 6.
14. García, A. P. 2000. "Caracterización microbiana, bioquímica y cinética del proceso de fermentación tradicional durante el beneficio de cacao". Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias (Ingeniería Química) Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa México D. F.
15. Gutiérrez, M.; Alcóser, H. y Bacalla, LI. 2007. "Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado, sobre la temperatura e Índice de fermentación del Theobroma cacao L". Asociación de pequeños productores de cacao Piura-Morropón-Piura.
16. Baños, P. S. L. 2010. "Evaluación de 61 progenies híbridas de cacao en base a las características organolépticas" Tesis de grado previa a la obtención de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica estatal de Quevedo. Ecuador, pp. 23-24.
17. Torres, O.; Graziani de Fariñas L.; Ortiz de Bertorelli, L. y Trujillo, A. 2004. "Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca

- del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación”. *Agronomía tropical*. 54(4), pp. 481-495.
18. Sánchez, C. V. A. 2007. “Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial”. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Ingeniería Agrónoma. Ecuador.
 19. Ortiz, L.; Graziani, L. y Rovedas, G. 2009. “Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al Sol”. Estado de Aragua – Venezuela. *Agronomía Tropical*. 59(2), pp.119-127.
 20. NTP – ISO 2451, (1999). GRANOS DE CACAO. “Especificaciones”.
 21. COVENIN, 1995. “Comisión venezolana de normas industriales”. Norma venezolana N° 50. Clasificación de lotes de granos de cacao de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos. Ministerio de fomento. Caracas. Venezuela.
 22. Graziani, L.; Ortiz, L. y Parra, P. 2003. “Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua”. *Agronomía Tropical*. 53(2), pp. 133-144.
 23. Nazaruddin, R.; Hassan, O.; Said, M.; Samsudin, W. e Idris, NA. 2005. “Influence of roasting conditions on volatile flavor of roasted malaysian cocoa beans. *Journal of Food Processing and Preservation*”. 30, pp. 280-298.
 24. Frauendorfer, F. y Schieberle, P. 2006. “Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54, pp. 5521-5529.
 25. Rodríguez, C. J. 2011. “Estudio de compuestos volátiles de *Theobroma cacao* L., durante el proceso tradicional de fermentación, secado y tostado”. Tesis

- para optar el grado de Doctor en Ciencias en Alimentos. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
26. Noor, S.; Jinap, S.; Nazamid, S. y Nazimah, SAH. 2009. "Effect of polyphenol and pH on cocoa Maillard-related flavour precursors in a lipidic model system". *International Journal of Food Science and Technology*. 44, pp.168-180.
27. Ziegleder, G. y Biehl, B. 1988. "Analysis of cocoa flavour components and flavor precursors. In: Lickens HF, Jackson JF. *Analysis of Non Alcoholic Beverages, Methods of Plant Analysis*", Heidelberg, Germany, pp. 321-393.
28. Afoakwa, E. 2010. "Chocolate Science and Technology". John Wiley & Sons: New Delhi, India.
29. Bonvehí J. S. 2005. "Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder". *European Food Research and Technology*, 221, pp. 19-29.
30. Rojas, M. G. M. E. 2005. "Caracterización del aroma del café molido de Puerto Rico mediante la técnica de Micro extracción en fase sólida (SPME) y Cromatografía de gas acoplada a espectrometría de masas (GC/MS)". Tesis de Maestría, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.
31. APPCACAO, 2012. "Asociación peruana de productores de cacao". Manual de control de calidad del cacao.
32. Sinuco, L. D. L. 2009. "Estudio químico del aroma de la Guayaba (*Psidium Guajava* L. Genotipos regional roja y regional blanca) Proveniente de la Hoya del Rio Suarez". Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias Química Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Bogota, Colombia.

33. Reineccius, G., 2006, "Flavor Chemistry and Technology", CRC Press-Taylor and Francis Group, Second edition, USA, p. 489, Resources,
<http://books.google.com.pe/books?id=IWQHFi0ioD8C&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Gary+Reineccius%22&hl=es&sa=X&ei=jiZoU720CsblsASp9oCQCQ&ved=0CD0Q6AEwAg#v=onepage&q&f=false> (acceso marzo 10, 2011).
34. Velásquez, S. S. M. 2010. "Tiempo de calentamiento para alcanzar el equilibrio durante la extracción de solventes retenidos en empaques flexibles, por la técnica de muestreo Headspace-GC". Tesis para optar el Título Profesional de Químico. Facultad de Química, Ingeniería Química e Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
35. Skoog, D. A. y Leary, J. J. 1994. Análisis Instrumental. 4ta ed.; Mc Graw Hill-Interamericana de España S.A. Madrid, España, p. 935.
36. Portillo E.; La barca M.; Grazziani L.; Cros E.; Assemat S.; Davrieux F.; Boulanger R. y Marcano, M. 2009. "Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento postcosecha". Facultad de Ciencias. Estado Mérida, Venezuela.
37. Amores, F.; Butler, D.; Ramos, G.; Sukha, D.; Espín, S.; Gómez, A.; Zambrano, A.; Jiménez, J.; Hollywood, N.; Van Loo, R.; and Seguíne, E. 2007. CFC / ICCO / INIAP. "Project to establish the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate fine or flavour and bulk cocoa". Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Prepared by Iniap, Quevedo – Ecuador.
38. AOAC 970.21, 2007. PRODUCTOS DEL CACAO. "Determinación de pH método potenciométrico".
39. NTP 208-016, (2001). PRODUCTOS DE CACAO. "Grasa en productos del cacao. método de extracción por Soxhlet".

40. NTP 208-017, (2001) PRODUCTOS DE CACAO. "Determinación de humedad. método gravimétrico".
41. AOAC 942.15, 2007. PRODUCTOS DE FRUTAS. "Determinación de acidez titulable acética total".
42. NTP 208-015, (2001). PRODUCTOS DE CACAO. "Determinación de cenizas totales".
43. NIST, 2008. "National Institute of Standards and Technology Library of Replicate Spectra".
44. MEF, 2007. Ministerio de Economía y Finanzas. "Diagnóstico y propuesta de parámetros para la estandarización y homogenización del tratamiento poscosecha de cacao". Unidad de Coordinación de Préstamos Sectoriales – UCPS, p. 7.
45. APPCACAO, 2010. "Asociación peruana de productores de cacao. "II Congreso Internacional de Cacaos Finos y de Aroma en la Región Andina La Paz. Bolivia.

ANEXO

Tabla. 1 Composición del grano de cacao al estado fresco⁹.

Componentes	Cotiledón (%)	Pulpa (%)	Cascara (%)
Agua	32,5	84,5	9,4
Celulosa	2,5		13,8
Almidón	5,0		46,0
Pentosa	5,2	2,7	
Sacarosa	2,5	0,7	
Glucosa		10,0	
Grasa	31,0		3,8
Proteína	9,0	0,6	18,0
Teobromina	2,5		
Cafeína	1,0		
Pólifenoles	5,5		0,6
Ácidos	1,0	0,7	
Sales inorgánicas	2,0	0,8	8,2
Total	100%	100%	100%



Fig. 1. Árbol de Cacao

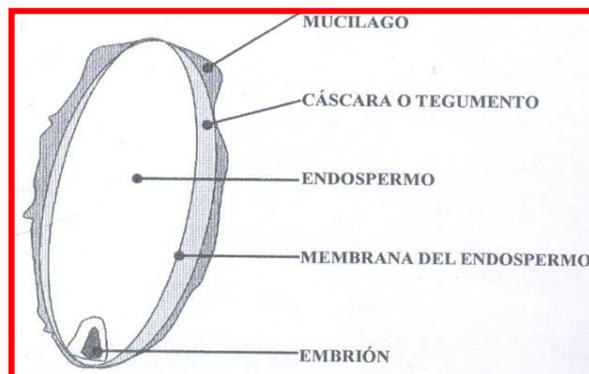


Fig. 2. Partes del grano de Cacao al estado fresco⁹.



Fig.3. Cajones usados para la fermentación



Fig. 4. Equipo de Incubadora termostatada



Fig.5. Mazorcas usadas para la fermentación.



Fig.6. Semillas listas para el inicio de la fermentación



Fig.7. Cajones dentro de la Incubadora



Fig.8. Equipo usado para el secado



Fig.9. Guillotina para realizar la prueba de corte



Fig.10 Estufa usada en el tostado.



Fig. 11. Maquina moledora de granos de cacao para la obtención de pasta de cacao



Fig. 12. Equipo usado para el análisis instrumental, marca Agilent Technologies 7890A / Espectrómetro de Masas 5975C

- El cacao crece a 10° Norte y Sur de la línea ecuatorial

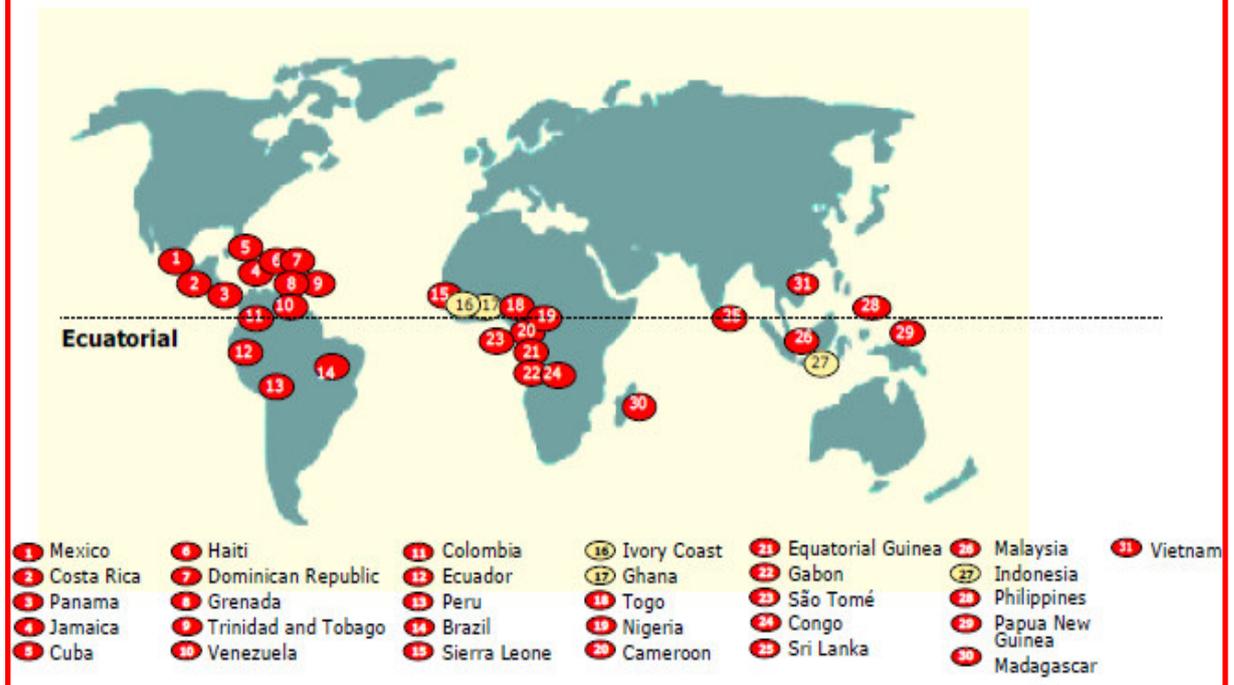


Fig. 13. Distribución de cacao en el Mundo⁴⁴.

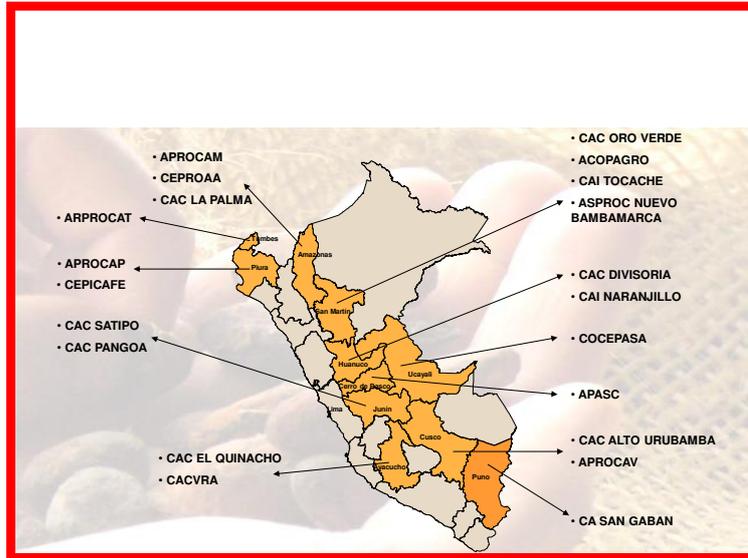


Fig. 14. Zonas productoras de grano de cacao en el Perú⁴⁵.

HOJA DE EVALUACION PARA EL PERFIL DE SABORES DE PASTA DE CACAO

Evaluador: _____ Código de muestras:

Lugar y Fecha: _____

Pruebe las muestras y marque el punto de la línea que corresponde a la intensidad de cada atributo.

	Ausente										
Extremo											
ATRIBUTOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sabor a cacao											
Acidez											
Astringencia											
Amargor											
Sabor afrutado											
Sabor floral											
Sabor a nueces											
Crudo											
Otros sabores											

Comentarios: _____

NORMA VENEZOLANA
GRANOS DE CACAO

COVENIN
50:1995
(2^{da} REVISION)

1 OBJETO

Esta Norma Venezolana contempla los requisitos que deben cumplir los granos de cacao, para ser considerados materia prima apta para la elaboración de derivados del cacao destinados al consumo humano.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma esta sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente.

COVENIN 442-78 Granos de cacao. Prueba del corte.

COVENIN 374-78 Granos de cacao. Determinación del contenido de humedad.

COVENIN 1339-79 Granos de cacao. Toma de muestras.

COVENIN 134078 Cacao y derivados. Determinación de grasa cruda.

3 DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

Para los propósitos de esta Norma Venezolana se aplican las siguientes definiciones:

3.1 Granos de Cacao: Es la almendra del fruto del árbol de cacao (*Theobroma Cacao Linneus*) sana, limpia, fermentada o no y secada, privada del mucílago y restos de cáscara.

3.2 Granos de Cacao sin cáscara ni germen: Es la almendra del cacao obtenida a partir de los granos que se hayan limpiado y liberado de la cáscara y del germen del moho más completo técnicamente posible.

3.3 Granos de Cacao seco: Es el grano de cacao que ha sido secado de una manera uniforme y cuyo contenido de humedad corresponde a los requisitos establecidos en la presente norma.

3.4 Grano mohoso: Es el grano de cacao en cuyas partes internas o externas se aprecian mohos (hongos) a simple vista.

3.5 Grano pizarroso: Es el grano de cacao, que al cortarlo longitudinalmente por la sección transversal, su masa presenta una textura lisa, compacta, generalmente de color pizarra u oscuro.

3.6 Granos dañados por insectos: Es el grano de cacao en cuyo interior o exterior se detectan insectos en cualquier fase de desarrollo (huevos, larvas, adultos) o ha sido atacado por insectos que han dañado la almendra en forma visible a simple vista.

3.7 Grano germinado: Es el grano del cacao cuya cáscara ha sido perforada o rota por el crecimiento del germen de la semilla, exponiéndola al ataque de hongos e insectos.

3.8 Grano plano o achatado (pasilla): Es el grano de cacao en el cual los dos cotiledones son tan finos que no es posible obtener una superficie de cotiledón al cortarlos, es decir, tiene menos de 5 mm de espesor medido entre las dos caras planas.

3.9 Grano ahumado: Es el grano de cacao que tiene un olor o sabor a humo o que presenta signos de contaminación por humo.

3.10 Grano partido (picado, fragmentado, quebrado, roto): Es el grano de cacao en donde falta algún fragmento, siendo la parte que falta equivalente a menos de la mitad del grano.

3.11 Fragmento: Es una porción del grano de cacao igual o menor a su mitad.

3.12 Pedazos de cáscara: Es una parte de la cáscara sin nada de almendras.

3.13 Granos múltiples: Es la aglomeración de dos o más granos unidos firmemente por partes del mucílago debido a una separación defectuosa del mismo.

3.14 Grano violeta: Es el grano de cacao que presenta un color violeta, de textura lisa y compacta en toda su superficie o parte de ella.

3.15 Grano negro: Es el grano de cacao que muestra un color negro en la mitad o más de su superficie cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.

3.16 Cacao extrafino: Es el grano producido por las variedades de árboles denominados "criollos", cuyos granos estén bien fermentados, de sección transversal casi circular, exentos de olores extraños al característico de este grano y de cualquier otro signo de adulteración.

3.17 Cacao "fino de primera" (fermentado): Es el cacao formado por granos que han sido sometidos al proceso de fermentación, exentos de olores extraños al característico de este grano y de cualquier otro signo de adulteración.

3.18 Cacao "fino de segunda" (no fermentado): Es el formado por un lote de granos de cacao cuyo grado de fermentación sea como mínimo 20%, exentos de olores extraños al característico de este grano y de cualquier otro signo de adulteración

3.19 Materias extrañas: Es cualquier sustancia que no sea grano de cacao, como: fragmentos, pedazos de cáscara de la mazorca, piedras, insectos, etc.

3.20 Grano insuficientemente fermentado: Es el grano de cacao que al cortarlo longitudinalmente, no presenta agrietamientos o estrias; su textura es lisa y compacta en toda su superficie o parte de ella y generalmente la cutícula está muy adherida a los cotiledones.

4 CLASIFICACION

4.1 Los lotes de granos de cacao se clasifican de acuerdo a las proporciones de granos defectuosos determinados en la tabla 1 en:

4.1.1 Cacao extrafino.

4.1.2 Cacao fino de primera.

4.1.3 Cacao fino de segunda.

5 CONDICIONES DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO

5.1 Desinfección

Si se usan pesticidas para controlar los insectos, roedores y otros animales, debe tenerse el mayor cuidado al seleccionarlos y escoger la técnica de aplicación, a fin de no incurrir en cualquier riesgo de contaminación, o adición de residuos tóxicos al cacao. Los residuos no deben exceder

las tolerancias descritas por el Comité del CODEX Alimentario sobre residuos de pesticidas de la FAO/OMS, y por el gobierno del país importador del cacao.

Tabla 1: Tipos de Cacao. Requisitos

Requisitos	Extra Fino	Fino de primera	Fino de segunda	Método de ensayo
Granos mohosos	2%	3%	4%	COVENIN 442
Granos partidos, dañados por insectos, planos, pizarrosos y negros	2%	3%	8%	COVENIN 442
Granos germinados	2%	3%	6%	COVENIN 442
Granos insuficientemente fermentados	5%	20%	80%	COVENIN 442
Granos múltiples	2%	5%	7%	COVENIN 442
Peso mínimo (g) de 100 granos	115	108	100	-----

NOTA 1: Los porcentajes señalados son los máximos permitidos y deben verificarse en relación a la cantidad almacenada.

5.2 Almacenamiento

5.2.1 Los granos de cacao deben depositarse en almacenes adecuados de tal manera que su contenido de humedad pueda mantenerse lo suficientemente bajo, de acuerdo con las condiciones locales.

5.2.1.1 Las bolsas o sacos de granos de cacao deben ser almacenadas en compartimientos o estantes que estén por encima del suelo con un mínimo de 10 cm de circulación de aire entre ellos, y cuando sean almacenados a granel, en silos adecuados. Para una mayor garantía de la calidad del producto, deben tomarse las medidas necesarias para prevenir la infestación por insectos, roedores y otros animales causantes de enfermedades.

5.2.2 Las bolsas o sacos de granos de cacao deben estar apiladas de tal manera que:

a) Los grados individuales y marcas estén separados por un pasadizo de por lo menos 60 cm de ancho, similar al que debe dejarse entre las bolsas y las paredes del almacén;

b) Si fuese necesario puede llevarse a cabo la desinfección por fumigación y/o aspersión cuidadosa con insecticidas apropiados.

c) Debe evitarse la contaminación por olores y sabores, o por el polvo de otros productos como alimentos, o por productos como aceite, cemento y alquitrán.

5.2.3 Periódicamente durante el almacenamiento, e inmediatamente antes de enviar los lotes por barco debe verificarse el contenido de humedad de cada uno de ellos.

5.2.4 Rotación de los sacos dentro del almacén de acuerdo a su antigüedad.

6 REQUISITOS

6.1 Olor

Los lotes de granos de cacao no deben contener granos ahumados o granos con olor ajeno al típico del grano de cacao.

6.2 Materias extrañas

Los lotes de granos de cacao deben estar libres de materias extrañas.

6.3 Aflatoxinas

El contenido de aflatoxinas producidas por el hongo *Aspergillus Flavus* en lotes de granos de cacao no debe exceder los límites tóxicos establecidos para el consumo humano.

6.4 Humedad

El contenido de humedad de lotes de granos de cacao que se comercialicen no debe ser mayor del 8% en peso, determinado según la Norma COVENIN 374.

6.5 Contenido de granos defectuosos

El contenido de granos defectuosos en lotes de granos de cacao será el especificado en la tabla 1.

7 INSPECCION Y RECEPCION

7.1 Selección de la muestra

7.1.1 La selección de muestras a partir de un lote se llevará a cabo según la Norma COVENIN 1339.

7.1.2 De cada lote se seleccionarán envases (sacos, bolsas, etc.) al azar y se seguirá lo indicado en las tablas 2 y 3.

7.1.2.1 Cuando se trate de sacos que contengan 50 Kg (300 sacos en el lote de 15.000 Kg), se aplicará el criterio establecido en la tabla 2.

7.1.2.2 Cuando se trate de sacos que contengan 60 Kg (250 sacos en el lote de 15.000 Kg), se aplicará el criterio establecido en la tabla 3.

Tabla 2. Criterio de selección de muestras

Tamaño del lote (No. de sacos)	Sacos a muestrear
Hasta 30	4
31 - 70	7
71 - 130	11
131 - 216	16
217 - 310	20

Tabla 3. Criterio de selección de muestras

Tamaño del lote (No. de sacos)	Sacos a muestrear
Hasta 30	4
31 - 70	8
71 - 130	13
131 - 210	19
211 - 310	24

7.1.2.3 De cada envase (saco) se tomarán cantidades suficientes para obtener una muestra final de aproximadamente 2 Kg.

7.1.2.4 La muestra representativa y promedio del lote así obtenida se mezclará completamente, y del lote, se tomarán 2 Kg que se dividirán en cuatro (4) porciones de 500 g, colocándolas en envases limpios, secos y con cierres herméticos. Una muestra quedará con el productor o distribuidor, dos se destinarán al análisis por duplicado y la cuarta quedará para casos de arbitraje, en poder del muestreador como contra muestra.

7.2 Criterio de aceptación o rechazo del lote considerado

7.2.1 En el caso que los resultados obtenidos en la muestra destinada a análisis den valores que no estén de acuerdo con esta Norma se efectuará en presencia del productor o distribuidor un análisis por triplicado de la contra muestra.

GRANOS DE CACAO. Especificaciones

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos para granos de cacao. Recomendaciones relativas al almacenamiento y desinfección son dadas como una guía en los Anexos A y B

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Internacionales

- | | | |
|-------|-------------------|--|
| 2.1.1 | ISO/ R 1114: 1977 | COCOA BEANS – Cut test |
| 2.1.2 | ISO 2291: 1980 | COCOA BEANS – Determination of moisture content (Routine method) |
| 2.1.3 | ISO 2292: 1973 | COCOA BEANS - Sampling |

3. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana se aplica a la calificación del grano de cacao desde la cosecha hasta su comercialización.

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

4.1 **grano de cacao:** Es la semilla proveniente del cacaotero (*Theobroma cacao* L.), sana, limpia, fermentada adecuadamente¹⁾, secada, privada del mucilago y de la cáscara del fruto.

4.2 **cacao seco:** Término comercial que designa al grano de cacao el que ha sido uniformemente secado y cuyo contenido de humedad corresponde a los requisitos del estándar internacional.

4.3 **granos defectuosos:**

4.3.1 **grano mohoso:** Grano de cacao en cuya parte interna el hongo es visible a simple vista.

4.3.2 **grano pizarroso:** Grano de cacao que muestra un color pizarroso (grisáceo) en la mitad o más de la superficie expuesta por el método descrito en ISO / R1114.

¹⁾ Grano fermentado adecuadamente es aquel grano de cacao cuyo proceso de fermentación ha sido completo y que presenta las siguientes características: cáscara o tegumento de color marrón, rojizo o pardo rojizo, que se desprende fácilmente de la almendra. Las almendras deben ser de color marrón o pardo rojizo oscuro (color chocolate), con cotiledones bien definidos de forma arriñonada, con olor agradable y sabor medianamente amargo.

4.3.3 **grano violáceo (insuficientemente fermentado):** Es el grano de cacao que presenta un color violáceo, por lo menos en la mitad de su superficie, cuando se hace un corte longitudinal a través del centro del grano.

4.3.4 **grano dañado por insecto:** Grano de cacao que en la parte interna contiene insectos en estado de desarrollo, o que ha sido atacado por insectos que han causado daño visible a simple vista.

Nota: para el propósito de este estándar internacional el término "insecto" incluye ácaros.

4.3.5 **grano germinado:** Grano de cacao en el que la cascarilla ha sido agujereada, abierta o rota por la germinación de la semilla.

4.3.6 **grano plano:** Grano de cacao en el que los dos cotiledones son tan delgados que no es posible obtener una superficie del cotiledón por corte.

4.3.7 **grano ahumado:** Grano de cacao que tiene olor o sabor ahumado o muestra signos de contaminación por humos.

4.3.8 **grano múltiple:** Son dos ó más granos unidos íntimamente por una de sus caras con restos de mucílago.

4.3.9 **grano roto:** Grano de cacao que ha perdido un fragmento. La parte pérdida equivale a menos de la mitad del grano.

4.3.10 **fragmento:** Una pieza del grano de cacao igual o menor que la mitad del grano original.

4.3.11 **pieza de cáscara:** Parte de la cáscara sin grano.

5. PREPARACIÓN

Los granos de cacao habrán sido fermentados y luego secados hasta que el contenido de humedad no exceda a lo especificado en el 6.1.8

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos generales

6.1.1 **Color:** Uniforme, de pardo claro a marrón oscuro.

6.1.2 **Olor y sabor:** Los lotes de granos de cacao no deberán contener granos ahumados o granos con olor o sabores anormales o extraños.

6.1.3 **Tamaño:** Uniforme

6.1.4 **Adulteración:** Los lotes de granos de cacao deben estar libres de cualquier evidencia de adulteración.

El término adulteración en este contexto cubre la alteración de la composición del grano de cacao clasificado por cualquier medio de manera tal que la mezcla resultante o combinación no corresponde al grado prescrito, o su calidad o sabor son afectados, su volumen o masa alterados.

6.1.5 **Cuerpos extraños:** los lotes de cacao deben estar prácticamente libres de cualquier materia extraña. El término materia extraña significa cualquier otra sustancia diferente a granos de cacao, granos rotos, fragmentos y piezas de cascarilla.

6.1.6 **Insectos vivos:** los lotes de granos de cacao deben estar libres de insectos vivos.

6.1.7 **Granos rotos, fragmentos y piezas de cascarilla:** los lotes de cacao deben estar razonablemente libres de granos rotos, fragmentos y piezas de cascarilla.

6.1.8 **Contenido de humedad:** el contenido de humedad de los lotes de granos de cacao comercializados dentro y/o fuera del país productor, determinado en el primer punto de destino o subsiguientes puntos de reparto, no debe exceder de 7,5% (m/m).

6.2 Estándares de clasificación

6.2.1 Los lotes de cacao se clasifican de acuerdo a la proporción de granos defectuosos determinado por el método especificado en ISO / R1114 en dos grados tal como se especifica en la siguiente tabla.

Grado	PORCENTAJE DE GRANOS		
	mohosos	pizarrosos	dañados por insectos, germinados o planos
1	3	3	3
2	4	8	6

NOTA:

Los porcentajes son los máximos permitidos, ellos deben ser verificados en relación a la cantidad examinada.

Los porcentajes indicados en la última columna se aplican a todos los defectos ahí mencionados tomados en conjunto.

Cuando un grano tiene varios defectos se clasificará en una sola categoría, por ejemplo, la menos favorable.

El orden decreciente de gravedad es el siguiente:

- Granos mohosos
- Granos pizarrosos
- Granos dañados por insectos, granos germinados, granos planos.

6.2.2 Cacao sub-estándar: cualquier lote de granos de cacao que exceda al menos uno de los límites aceptados para el grado 2 será rotulado "SS". Este se comercializará bajo contrato especial.

7. MUESTREO

El muestreo debe llevarse a cabo según los requerimientos de ISO 2292.

8. MÉTODOS DE ENSAYO

Los ensayos se llevan a cabo según los requerimientos de ISO/R 1114 y ISO 2291.

9. EMPAQUE

Los sacos deben estar limpios, enteros, suficientemente fuertes y adecuadamente cosidos. El cacao debe ser empacado en sacos nuevos.

Los sacos y cajas, si se usan, deben ser hechos de materiales inocuos para consumo humano.

La tinta o pintura que se usa para marcar los sacos no debe estar en contacto con el producto.

10. ROTULADO

Cada saco de granos de cacao debe ser precintado oficialmente.

El saco o precinto deberá contener por lo menos la siguiente información:

- a) País productor.
- b) El nombre del producto y el grado o rótulos para indicar si es cacao sub estándar. (“SS” para países de habla inglesa, o “HS” para países de habla francesa)²⁾.
- c) Si es o no cosecha intermedia³⁾
- d) Cualquier otro rótulo de identificación necesario de acuerdo con las regulaciones del país.

La indicación del año de cosecha es opcional.

11. ANTECEDENTES

11.1 ISO 2451: 1973 COCOA BEANS – Specification

11.2 NTP 208.003: 1988 CACAO EN GRANO – Requisitos

²⁾ En el caso del Perú se debe indicar SS.

³⁾ La ausencia de indicación de cosecha, significa cosecha principal.

ANEXO A

ALMACENAMIENTO

Los granos de cacao en tránsito deben ubicarse en almacenes construidos y usados de tal manera que se mantenga el contenido de humedad suficientemente bajo, de acuerdo con las condiciones locales.

Los granos de cacao deben ser almacenados sobre tarimas o parihuelas con una luz de al menos 7 cm⁴⁾ por encima del suelo para la circulación de aire.

Deben tomarse precauciones para prevenir infestación por insectos, roedores y otras plagas.

Los sacos de cacao deben apilarse de tal forma que:

- a) Grados individuales y marcas sean separadas por pasillos de por lo menos 60cm de ancho, espacios similares deben considerarse entre las rumas de sacos y paredes del almacén.
- b) Pueda efectuarse de ser necesaria, la desinfestación por fumigación y/o por una cuidadosa aplicación de insecticidas.
- c) Sea imposible la contaminación por olores o sabores, o por polvo proveniente de otros alimentos u otros productos tales como aceites, cemento y brea.

El contenido de humedad de cada lote debe ser chequeado periódicamente durante el almacenamiento e inmediatamente antes del embarque.

⁴⁾ El Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas (D.S. M° 007-98-SA) vigente, establece para la estiba de productos no perecibles que la parihuela esté a no menos de 0.20 m del piso.

ANEXO B

DESINFESTACION

En caso de utilizarse pesticidas para controlar insectos, roedores y otras plagas, se debe tener especial cuidado en la selección de éstos así como en la técnica de aplicación para evitar riesgos de contaminación o la adición de residuos tóxicos al cacao.

Ninguno de dichos residuos deberá exceder las tolerancias prescritas por el proyecto conjunto FAO/OMS Comité del Codex de Expertos de la FAO/OMS sobre residuos de pesticidas y por el gobierno del país importador.