

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**“ESTANDARIZACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO  
(*Theobroma cacao L.*) FINO DE AROMA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR**

**ALVAREZ ROBLEDO MARIA NEY**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**“ESTANDARIZACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO  
(*Theobroma cacao L.*) FINO DE AROMA”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR**

**ALVAREZ ROBLEDO MARIA NEY**

**ASESOR**

**Ing. Ms.C. SEGUNDO G. CHÁVEZ QUINTANA**

**COASESORES**

**Ing. Ms.C. TONY S. CHUQUIZUTA TRIGOSO**

**Ing. JOSÉ D. CONTRERAS MONJARÁS**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2018**

**ii**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS Y A MI FAMILIA**

Dedico este trabajo a la fuente de toda bondad que existe en el universo, al que le llamo Dios, por la vida y cuanto hay en ella.

A mis queridos padres **Abel** y **Ana** que son y serán mi soporte y fortaleza para lograr todo cuanto me proponga.

A mis hermanos **Magaly, Yeltsin, Jerson y Antony** por confiar en mí, darme su apoyo y motivarme en todo momento.

María Ney Alvarez Robledo.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me brindaron su colaboración, sus conocimientos y su ayuda incondicional en la ejecución de esta investigación, éste es el resultado del esfuerzo de un gran equipo, gracias.

A la Cooperativa Agraria Cacaotera ACOPAGRO Ltda. de la región San Martín, por brindarme todas las condiciones necesarias para que se lleve a cabo la ejecución de este proyecto.

A la iniciativa de USAID, ALIANZA PERU CACAO, gracias por apostar por la valoración del cacao fino de aroma y sostener económicamente la ejecución de este trabajo.

ING. SEGUNDO CHAVEZ QUINTANA, gracias por su ayuda, colaboración y amistad en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ING. DAVID CONTRERAS MONJARÁS y su equipo de control de calidad de CAC. ACOPAGRO gracias por darme las facilidades, ayuda y los conocimientos compartidos.

A la comunidad de Campanilla, a los productores de cacao fino de aroma, al Sr. Neri Isminio y su equipo del centro de Acopio, gracias por acogerme como familia y apoyarme en todo momento.

A todas esas personas que de forma desinteresada tuvieron una participación efectiva en este trabajo, podría mencionar a muchos más que en este momento escapan de mi mente, les agradezco infinitamente.

A todos de nuevo, gracias.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL**

DR. POLICARPIO CHAUCA VALQUI

**RECTOR**

DR. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

DRA. FLOR TERESA GARCÍA HUAMAN

**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

ING. Ms.C. EFRAIN MANUELITO CASTRO ALAYO  
**DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS  
AGRARIAS**

## **DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO**

Yo, María Ney Álvarez Robledo, identificada con DNI 45391928, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada:

**“Estandarización de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao l.*) fino de aroma”.**

La misma que es presentado para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción deriven.

Chachapoyas, 05 de febrero del 2018

## **VISTO BUENO DEL ASESOR**

El que suscribe hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada “ESTANDARIZACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) FINO DE AROMA” presentado por la bachiller María Ney Alvarez Robledo, egresada de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-Amazonas.

Se da testimonio de la ejecución y visto bueno al informe final de la tesis mencionada, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el jurado evaluador, para su posterior sustentación.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

---

Ing. Ms.C. SEGUNDO CHAVEZ QUINTANA

DNI: 44011631

## **VISTO BUENO DEL CO-ASESOR**

El que suscribe hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada “ESTANDARIZACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) FINO DE AROMA” presentado por la bachiller María Ney Alvarez Robledo, egresada de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-Amazonas.

Se da testimonio de la ejecución y visto bueno al informe final de la tesis mencionada, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el jurado evaluador, para su posterior sustentación.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

---

Ing.Ms.C. TONY STEVEN CHUQUIZUTA TRIGOSO

DNI: 46468808



## **VISTO BUENO DEL CO-ASESOR**

El que suscribe hace constar que ha asesorado el proyecto y la realización de la tesis titulada “ESTANDARIZACIÓN DE LA FERMENTACIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) FINO DE AROMA” presentado por la bachiller María Ney Alvarez Robledo, egresada de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-Amazonas.

Se da testimonio de la ejecución y visto bueno al informe final de la tesis mencionada, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones dadas por el jurado evaluador, para su posterior sustentación.

Se expide la presente, a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

---

Ing. JOSÉ DAVID CONTRERAS MONJARÁS

DNI 23013621

# **JURADO EVALUADOR**

---

**Ing. Ms.C. GUILLERMO IDROGO VASQUEZ**

**PRESIDENTE**

---

**Ing. Ms.C. SEGUNDO MANUEL OLIVA CRUZ**

**SECRETARIO**

---

**Ing. Ms.C. AURA DEL ROCÍO TAFUR JIMENEZ**

**VOCAL**

# **ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL.....</b>	<b>v</b>
<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>x</b>
<b>ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>24</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>26</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
<b>III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
3.1 Antecedentes .....	27
3.2 Bases teóricas .....	28
3.2.1 Generalidades.....	28
3.2.2 Composición del cacao .....	30
3.2.3 Manejo post cosecha del cacao.....	31
3.2.4 Fermentación .....	32
3.2.5 Calidad sensorial.....	34
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>37</b>
4.1 Diseño de la Investigación .....	37
4.2 Material de estudio.....	37
Preparación de muestras para análisis .....	38
4.3 Técnicas e Instrumentos.....	39
Porcentaje de fermentación.....	39

Evaluación sensorial .....	40
4.4 Procedimiento: .....	40
Análisis físico de semillas secas de cacao: .....	41
Análisis sensorial de pasta de cacao .....	41
V. RESULTADOS .....	42
5.1 Fermentación.....	42
Modelos de remoción.....	43
Días de fermentación .....	45
5.2 Análisis sensorial .....	45
VI. DISCUSIONES .....	51
VII. CONCLUSIONES .....	53
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
IX. ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores que influyen en la calidad sensorial del cacao .....	31
Tabla 2. Diseño de la investigación .....	37
Tabla 3. Arreglo experimental de la combinación de niveles y factores.....	37
Tabla 4. Análisis de varianza. Fermentación de cacao.....	42
Tabla 5. Niveles de semillas fermentadas según modelo de remoción. ....	43
Tabla 6. Niveles de semillas parcialmente fermentadas según modelo de remoción. ....	44
Tabla 7. Niveles de semillas no fermentadas según modelo de remoción. ....	44
Tabla 8. Prueba de Friedman para análisis sensorial.....	45
Tabla 9. Análisis de varianza. Perfil Sensorial de cacao .....	46
Tabla 10. Acidez en el perfil sensorial de pasta de cacao.....	48
Tabla 11. Puntaje catador en el perfil sensorial .....	48
Tabla 12. Nivel de fermentación según tratamientos .....	69
Tabla 13. Resultados de la evaluación sensorial.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de la percepción sensorial.....	36
Figura 2. Diagrama de flujo de preparación de pasta de cacao .....	39
Figura 3. Puntuaciones de acidez y puntaje catador .....	49
Figura 4. Puntuaciones de amargor y astringencia .....	50
Figura 5. Grafica de niveles de Aroma .....	50
Figura 6. Parcela de clones de cacao ICS 39 .....	63
Figura 7. Cosecha del cacao ICS 95 .....	63
Figura 8. Cosecha y selección del cacao.....	64
Figura 9. Fermentadores de cacao .....	64
Figura 10. Seguimiento de la temperatura en la fermentación mediante sensores .....	65
Figura 11. Toma de muestras de cacao para evaluación de pH.....	65
Figura 12. Proceso de secado.....	66
Figura 13. Análisis físico .....	66
Figura 14. Prueba de corte .....	67
Figura 15. Determinación de humedad.....	67
Figura 16. Pasta de cacao para evaluación .....	68
Figura 17. Pasta de cacao.....	68
Figura 18. Formato de catación .....	71

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en la región de San Martín, provincia de Mariscal Cáceres, distrito de Campanilla con el objetivo de estandarizar el proceso de fermentación de cuatro clones de cacao fino de aroma (ICS 1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565) considerando como variables el tiempo de fermentación (5, 6 y 7 días) y modelo de remoción (A, B y C) y como variable respuesta el porcentaje (%) de fermentación determinada con la prueba de corte y la calidad sensorial evaluada con un panel de catadores. Se utilizó un diseño factorial  $3^k$ . El análisis estadístico se efectuó con un análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Tukey y Duncan para evaluar el nivel de fermentación, para la calidad sensorial se usó la prueba no paramétrica de Friedman, el análisis de varianza y las pruebas comparativas de Tukey y Duncan. Se obtuvo que el modelo de remoción influye en el nivel de fermentación y los mejores resultados se obtuvieron del modelo de remoción C, la evaluación sensorial analizada a nivel de tratamiento muestra únicamente niveles significativos en las puntuaciones de post gusto y puntaje catador, evaluando el efecto de cada factor se encontró influencia de los días de fermentación en la acidez y en el puntaje catador encontrándose mayores puntuaciones de calidad a los 5 y 7 días de fermentación.

**Palabras clave: fermentación, remoción, cacao fino de aroma**



## **ABSTRACT**

The research was developed in the San Martín region, province of Mariscal Cáceres, district of Campanilla with the objective of standardizing the fermentation process of four fine aroma cocoa clones (ICS 1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565) considering as variables the fermentation time (5, 6 and 7 days) and removal model (A, B and C) and as variable response the percentage (%) of fermentation determined with the cut test and the sensory quality evaluated with a panel of tasters. A 3k factorial design was used. The statistical analysis was carried out with an analysis of variance and multiple comparisons test of Tukey and Duncan to evaluate the level of fermentation, for the sensory quality the non-parametric Friedman test, the analysis of variance and the Tukey comparative tests were used. Duncan. It was obtained that the removal model influences the level of fermentation and the best results were obtained from the removal model C, the sensory evaluation evaluated at the treatment level shows only significant levels in the scores of taste and taster score, evaluating the effect of each factor was found the influence of fermentation days on acidity and on the tasting score, with higher quality scores at 5 and 7 days of fermentation.

**Key words: fermentation, removal, fine aroma cocoa**

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la producción de cacao es aproximadamente 4 000 000 de toneladas de granos, de los cuales; Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria y Camerún concentran el 84% de la producción (Indecopi, 2015), los países de América contribuyen con el 17 % de la producción mundial y el 17 % del área sembrada de cacao, durante los últimos años en América Latina y el Caribe el cultivo de cacao se ha difundido comercialmente en al menos 23 países, con una producción combinada superior a las 675 000 toneladas y alrededor de un millón setecientas mil hectáreas, donde: Brasil, Ecuador, República Dominicana, Perú, Colombia y México son los mayores productores, pues concentran más del 90 % de la producción y de la superficie sembrada del continente (Arévalo , y otros, 2016).

El cultivo de cacao en el Perú tiene trascendencia económica, social y ambiental. Según, el censo agrario del 2012, se cuenta con 144 232 mil hectáreas sembradas (INEI, 2012), las cuales están distribuidas en 10 regiones, las principales zonas productoras son los valles de La Convención (Cusco), del río Apurímac-Ene, del VRAE (Ayacucho, Cusco y Junín), del Huallaga (Huánuco y San Martín), del Tambo (Junín) y del Marañón (Cajamarca y Amazonas) (Morales y otros, 2015). La región San Martín es la que presenta mayor área de cultivos de cacao (García L. F., 2010), tiene 28 984 hectáreas que representa el 34% del total de la producción nacional, de los cuales el 92% son plantaciones de cacao de la variedad CCN-51 (26,086 hectáreas) y un 8% de la variedad Criollo y Nativo (2,139 hectáreas) (Romero, 2016).

Tradicionalmente se han identificado tres principales grupos morfogeográficos de la especie *Theobroma cacao L.* denominados; Criollo, Forastero y Trinitario (Estela Vega - Christie, 2012. Se estima que Perú posee el 60% de las variedades de cacao del mundo y es uno de los principales centros de origen, con una alta diversidad y variabilidad genética verificable en las diferentes poblaciones, razas nativas o ecotipos que se ubican en varias zonas del país (Indecopi, 2015). El 60% de la producción de cacao se exporta, quedando un 40% en el mercado interno y de éste, el 80 % es denominado descarte y generalmente se debe a un mal manejo post cosecha que disminuye la calidad de las almendras (López, 2016).

El cacao fino de aroma es producido por árboles criollos o trinitarios, tiene determinadas características distintivas apreciadas por su aroma y sabor (Barrientos, 2015; Romero, 2016), con calidad física y organoléptica superior al cacao básico. La calidad de los cacaos finos de aroma depende de varios factores: la variedad genética, el ambiente donde está el árbol, la sanidad de la mazorca, la fermentación adecuada, el secado apropiado y la clasificación de las almendras (Sukha, 2016). El Perú ocupa el noveno lugar entre los principales países productores de cacao y el segundo lugar entre los principales países productores y exportadores de cacao fino de aroma (Lineeo, 2016).

El proceso de beneficiado del cacao se inicia con la cosecha de las mazorcas en la plantación, una vez clasificadas las mazorcas se procede a partirlas y sacar los granos (Dubón, 2016), se coloca en fermentadores para que los microorganismos descompongan el mucílago (la pulpa blanca y azucarada que envuelve los granos), aumente la temperatura para producir la muerte del germen o embrión y se inicien los cambios bioquímicos y las reacciones enzimáticas en el interior de las almendras, que van a ser los responsables de la formación de los compuestos precursores del sabor a chocolate. Este proceso, facilita además el secado de los granos (Cubillos, Merizalde, & Correa, 2008). El tiempo de fermentación depende de las condiciones de temperatura, frecuencia de remoción y factor genético (criollo, trinitario o forastero).

Los atributos claves que determinan el perfil y la aceptación final del cacao son las características sensoriales (Kadow, Bohlmann, Phillips, & Lieberei, 2013), la evaluación sensorial permite medir, analizar e interpretar las reacciones ante aquellas propiedades que lo caracterizan, tal y como se perciben a través de los sentidos (Fortín & Desplancke, 2001). Con el fin de describir y medir algunas de las características físicas y sensoriales relevantes del cacao, se hacen uso de paneles de cata que puedan determinar los atributos y defectos del cacao a través de sus licores o pastas (Fadel, Magda, Kader, Samad, & Shereen, 2006; Barrientos, 2015), se utilizan varios indicadores para medir la calidad de los granos de cacao, la cantidad y el tipo de compuestos de sabor volátiles, responsables del perfil sensorial (Krähmer, y otros, 2015).

Múltiples factores intervienen en la calidad sensorial del cacao, el genotipo influye en el contenido de proteínas polisacáridos y polifenoles disponibles para el proceso fermentativo lo cual determina la composición cualitativa y cuantitativa de la volatilidad compuestos resultantes del metabolismo microbiano durante la fermentación, y reacciones de Maillard que tienen lugar durante secado, tostado y conchado (Kongor, y otros, 2016; Crafacck, y otros, 2014).

Los múltiples trabajos realizados alrededor de la optimización de procesos en el beneficio de cacao apuntan al desarrollo de estrategias para mejorar el proceso de fermentación del cacao para contribuir al desarrollo de un producto de buena calidad y con una alta aceptación en el mercado.

En la presente investigación se realizó la estandarización de la fermentación del cacao (*Theobroma cacao l.*) fino de aroma en la cooperativa cacaotera Acopagro – San Martín.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Estandarizar el proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao L.*) fino de aroma en la Cooperativa Agraria Cacaotera Acopagro – San Martín.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar el mejor modelo de remoción en el proceso de fermentación de los clones de cacao ICS1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565.

Determinar el mejor tiempo de fermentación de los clones de cacao ICS1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565.

Evaluar las características físicas y organolépticas de los clones de cacao ICS1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

Entre los factores que tienen mayor influencia en la fermentación se tienen; la frecuencia de remoción, la temperatura y el tiempo de fermentación. En Piura encontraron que la fermentación óptima es con una remoción de la masa a 24 horas y una segunda remoción a las 48 horas y un tiempo de fermentación no superior a las 72 horas. Durante el proceso fermentativo la temperatura aumentó, alcanzando su máximo valor el día 2 y luego descendió hasta valores próximos a la temperatura ambiente, obteniendo una fermentación más acelerada cuando el cacao es almacenado antes de la fermentación. El nivel de fermentación es un factor importante e influye directamente en los resultados de los atributos finales de sabor a cacao, astringente, ácido, amargo, verde y floral. En variedades forasteras y trinitarias debe realizarse cada dos días la remoción, mientras más frecuente es la remoción, el proceso dura menos y hay una diferencia significativa que favorece la obtención de un producto de mayor calidad (Portillo, Graziani, & Cros, 2006; Ortís, Rovedas, & Graziani, 2009; Quintana & Gómez, 2011; Gutiérrez, 2012; Loayza, 2014).

En cuanto al tiempo de fermentación, estudios reportan que se puede realizar en diferentes días, a los 6 días de fermentación se producen compuestos volátiles con notas de sabor deseables en el cacao (Rodríguez-Campos, y otros, 2012). Las mejores características de calidad del cacao Nacional obtuvieron entre los cuatro y cinco días de fermentación en cajas de madera, que al aumentar los días de fermentación se incrementa, principalmente, el porcentaje de granos fermentados y disminuyen los granos violetas (Rivera, y otros, 2012). En cacao criollo la fermentación fue de 5 días (Nogales, Graziani de Fariñas, & Ortiz de Bertorelli, 2006). Puchaicela (2016), refiere el tiempo de fermentado para el cacao criollo es de 3 a 4 días, el trinitario requiere de entre 5 a 6 días, y los tipos forasteros de 5 a 8 días. El mayor grado de fermentación se alcanza con una mayor remoción (Alvarez, y otros, 2010). Ramírez (2010), realizó la fermentación durante 5 días, con remoción cada 24 y 48 horas, un secado de 6 días encontrando que las propiedades fisicoquímicas varían según la variedad evaluada.

Liendo (2015) evaluó el efecto del volteo cada 24, 48 y 72 horas, sobre las características sensoriales: acidez, amargo, astringencia, afrutado, nueces, caramelo/malta/dulce, crudo/ verde y obtuvo que los volteos provocan efectos variables estadísticamente significativos sobre el perfil sensorial intensificándose en los sabores afrutados y acidez en los volteos de 72 con respecto al de 24 horas.

La evaluación organoléptica (sabor y aroma) permitió identificar licores de Cacao finos como provenientes de la variedad criollo genotipo Carmelo I y cacao trinitario (Urrieta-Saltijeral, Lázaro, Ordoñez, Hernández , & Obeso, 2013). La frecuencia de remoción cada 24 horas reflejo menor amargor y mayor preferencia, el tiempo de fermentación óptimo fue de 48 y 72 horas (Portillo, Graziani, & Cros, 2006). Los sabores específicos estuvieron ligados al adecuado proceso fermentativo de las almendras, las variedades clonales evaluadas presentaron características sensoriales diferentes, con niveles medios y altos en los sabores básicos y notas específicas muy agradables y tienden a variar a nivel físico y bromatológico en épocas estacionarias (Mera & Ruíz, 2015). En el cacao clon CCN51 hallaron que la presencia de sabores que afectan la calidad son el ácido, amargo y astringente causados en su mayoría por una fermentación mediana (Quintana-Fuentes, Gómez-Castelblanco, García-Jerez, & Martínez-Guerrero, 2016).

## **3.2 Bases teóricas**

### **3.2.1 Generalidades**

#### **Origen del cacao**

La palabra cacao tiene su origen en el término maya “Ka'kau” (De la Cruz & Pereira, 2016), es una especie del género *Theobroma*, de la familia de las Malvaceae y cuenta con más de 22 especies (Arévalo , y otros, 2016), se le atribuyó un origen divino y fue adoptado siglos más tarde por los aztecas (FAO). En 1735, el naturalista Carl Linneo, la clasificó por primera vez con el nombre de *T. cacao* (Fedecacao, 2013). Desde hace algunos años se discute el origen del cacao, por mucho tiempo se ha venido afirmando que el cacao es originario de centro américa sin embargo, existen muy pocos datos, químicos o de otro tipo, sobre los orígenes

y uso del cacao en esa región (Terry, y otros, 2007), por el contrario técnicas enzimáticas y de biología molecular permiten afirmar que el cacao es una planta oriunda de América sur tropical (Motamayor J. C., y otros, 2002; Bartley B., 2005; Sereno, Albuquerque, Vencovsky, & Figueira, 2006; Dapeng & Lambert , 2016), evidencias antropológicas más antiguas en Centroamérica, demuestra el consumo de cacao desde 600 a.c. (Hurst, Tarka, Powis, Valdez, & Hester, 2002) sin embargo hay evidencias de cacao desde hace 5 300 años de antigüedad y pone a la Alta Amazonia como el espacio donde está presente el cacao más antiguo del mundo (Valdez, 2014; Olivera , 2015).

### **Diversidad genética del cacao**

Tradicionalmente se han identificado tres principales grupos morfogeográficos de *T. cacao* L. denominados; Criollo, Forastero y Trinitario (Estela Vega - Christie, 2012).

**Criollo:** variedad que crece bajo condiciones semisilvestres y se distribuye desde México hasta Colombia y Venezuela. Son árboles poco vigorosos, de lento crecimiento y más susceptibles a enfermedades, pero con una mayor calidad organoléptica.

**Forastero:** originario de la Alta Amazonía, es el de mayor producción en los países de África. Por ser resistente y poco aromático es principalmente usado para mezclar y dar cuerpo al chocolate.

**Trinitario:** híbrido entre el Criollo y el Forastero, posee características intermedias entre el Criollo y el Forastero. Es más aromático que el Forastero y más resistente que el Criollo.

Se considera que el cacao trinitario es de origen híbrido (Yong Yang, y otros, 2013) y se originó en Trinidad como resultado de la hibridación natural entre Criollo y Amelonado Forastero. (Arévalo , y otros, 2016).

En 1997, Lachenaud propone la siguiente clasificación de los grupos genéticos naturales:

- a. Criollo,
- b. Forastero del Alto Amazonas o Amazonas.
- c. Forastero del Bajo Amazonas o Guyanas, y
- d. Nacional.

Motamayor, y otros (2008), analizaron 1241 individuos silvestres y cultivados de cacao de 12 países con marcadores microsatélites; la mayoría de ellos provenientes de Perú, Brasil y Ecuador. Los resultados obtenidos en este trabajo, inspiran la propuesta de una nueva clasificación del germoplasma de cacao. Ésta describe 10 grandes grupos: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional, Guyana

Esta nueva agrupación podría reflejar de manera más certera la diversidad genética disponible para poder realizar diversas investigaciones en diferentes áreas y podría ser de mayor utilidad que la tradicional clasificación de Criollo, Forastero y Trinitario.

El Perú ostenta una alta diversidad y variabilidad genética del cacao, verificable en los diferentes cultivares (razas nativas, híbridos tradicionales, clones, etc.), dispersos principalmente en las regiones productoras de la selva alta de la Amazonía y en la costa norte del país. (García, Guardia, García, & Chía, 2012).

### **3.2.2 Composición del cacao**

Según Torres (2012), el grano de cacao está formado por la semilla, que representa del 78 al 82% del peso del grano, la cáscara (10-16%) y humedad (5-8%). Aproximadamente del 48 al 57% del peso de la semilla descascarillada y seca del grano de cacao corresponde a su contenido en lípidos, en la fracción grasa de la semilla de cacao, los ácidos grasos (AG) predominantes son mayoritariamente saturados (AGS), esteárico (C18:0 - 35%) y palmítico (C16:0 - 25%), pero también contiene una alta proporción de AG monoinsaturados (AGMI) representados casi exclusivamente por el ácido oleico (C18:1 - 35%) y también una pequeña cantidad



de poliinsaturados (AGPI) en forma de linoleico (C18:2 - 3%). El cacao presenta también un contenido considerable en alcaloides de tipo base púrica, de la familia de las metilxantinas (teobromina, cafeína y teofilina), compuestos que le confieren un pequeño poder estimulante. El alcaloide mayoritario es la teobromina (metabolito de la cafeína). Este alcaloide representa entre el 0,8 y el 2% del contenido total de los granos de cacao desecados.

Parra y Fowler citados por Torres (2012) refieren que el resto corresponde a un 2-5% de agua, un 11-16% de proteínas, un 6-9% de hidratos de carbono, un 2,6-4,2% de sales minerales y otro 2,1- 3,2% de fibra.

### 3.2.3 Manejo post cosecha del cacao

Gramacho citado por Ramírez (2010) llama manejo post cosecha al conjunto de prácticas interrelacionadas que tienen que ver con la transformación biológica de las almendras después de ser cosechadas y que permiten el desarrollo de su real potencial de calidad.

Tabla 1. Factores que influyen en la calidad sensorial del cacao

Genotipo	Influye en el tipo y la cantidad de proteínas, carbohidratos y polifenoles que se degradan durante fermentación y secado para formar precursores de sabor
Fermentación	Genera precursores de sabor, aminoácidos libres, péptidos y azúcares reductores a partir de los cuales se forman los compuestos volátiles responsables del aroma. Los polifenoles se oxidan y polimerizan a niveles insolubles compuestos de bajo peso molecular (taninos) que conducen a reducción de su concentración y, por lo tanto, reduciendo la amargura y astringencia de las semillas de cacao.
Secado	Genera pérdida física de acidez a través de la migración hacia el exterior de ácidos volátiles, así como la oxidación bioquímica del ácido acético de los granos que conduce a la reducción de la percepción de acidez en la semilla.

Tostado	Los precursores del sabor durante el tostado son generados por aminoácidos, péptidos de cadena corta y azúcares reductores que permiten la reacción de Maillard y la degradación de Strecker para producir compuestos de sabor deseable.
---------	--

Fuente: (Kongor, y otros, 2016).

### 3.2.4 Fermentación

En la fermentación del cacao participan microorganismos (levaduras, bacterias lácticas, bacterias acéticas, los Bacillus y las enterobacterias) que se encuentran naturalmente en los granos (Wacher, 2011).

Con este proceso se busca la eliminación del mucílago que cubre el grano de cacao, la muerte del embrión para evitar la germinación, el cambio de color del grano y las reacciones biológico enzimáticas que favorecen la reducción del amargor y astringencia del cacao además de desarrollar sustancias del aroma y sabor característico del chocolate (Ruiz, Soto, & Ipanaqué, 2016). En la fermentación aerobia se forman en los granos pigmentos marrones constituidos por polifenoles; la epicatequina y catequina se oxidan a quinonas, y la condensación de las proteínas y polifenoles causan una reducción de la astringencia y sabor amargo (Zapata, Tamayo, & Benjamín, 2013).

La fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao, operación involucra dos fenómenos distintos, pero no independientes, primero una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginosa presente en las almendra y segundo, induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones, que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular, a la formación de los precursores del aroma (Gutierrez, 2012).

Wacher (2011) describe 4 fases que ocurren durante la fermentación del cacao:

- a) Primera fase: La pulpa es rica en carbohidratos y tiene un pH bajo, condiciones que favorecen el desarrollo de levaduras. Las levaduras llevan a cabo el proceso de fermentación, transformando los azúcares sencillos

del mucílago en etanol, degradando la pectina, lo que modifica la textura del grano y elimina el ácido cítrico, disminuyendo la acidez.

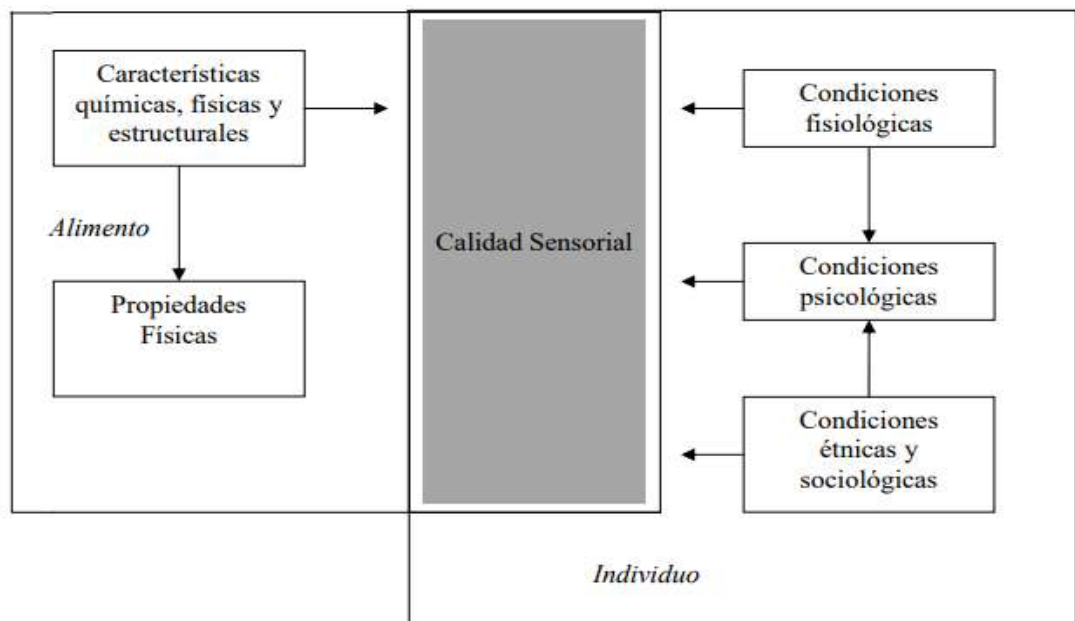
- b) Segunda fase: Favorece el desarrollo de bacterias lácticas, que fermentan los carbohidratos residuales y continúan el consumo del ácido cítrico. Las levaduras contienen enzimas del tipo pectinolítico, lo que les permite hidrolizar las pectinas, ocasionando una disminución de la viscosidad de la pulpa de mucílago y favoreciendo la entrada de aire. Con este ambiente aerobio y menos ácido -debido al consumo de ácido cítrico- se favorece el desarrollo de bacterias acéticas.
- c) Tercera fase: Ocurre un cambio importante en términos de los productos de la fermentación, ya que intervienen bacterias acéticas que llevan a cabo la transformación del etanol que produjeron las levaduras en ácido acético. El etanol y el ácido acético se difunden hacia el interior de los granos y, junto con la temperatura alta, matan al embrión.
- d) Cuarta fase: La temperatura alta favorece el desarrollo de bacterias del género *Bacillus*, conocido por la producción de numerosas enzimas, que catalizan reacciones cuyos productos dan al cacao sabores y olores desagradables.

Las características organolépticas del chocolate están relacionadas con las profundas modificaciones de la composición bioquímica de la almendra, inducidas por la fermentación y el secado. Durante estas operaciones, la fuerte disminución del contenido de los compuestos fenólicos y el aumento del contenido de precursores de aroma (Maillard) se acompañan con la formación de una fracción aromática importante. La cual está constituida por compuestos de orígenes microbiológico y/o bioquímico, así como compuestos de origen térmico, al parecer formados durante el secado. El pH desempeña un papel esencial en los mecanismos reaccionales puestos en juego (Cros & Jeanjean, 1995).

### 3.2.5 Calidad sensorial

La calidad de un producto se mide por el grado de satisfacción de las necesidades de los consumidores y es un conjunto de características físicas, químicas y sensoriales, la valoración sensorial es una función inherente al ser humano que la desarrolla consciente o inconscientemente al aceptar o a rechazar los alimentos de acuerdo con las sensaciones experimentadas al observarlos o ingerirlos (Sancho, Bota, De Castro, & Puig, 1999).

Los métodos de Análisis Sensorial o pruebas sensoriales son indispensables en el control de la calidad de los alimentos, por tal motivo se requiere que las evaluaciones sensoriales se realicen con una fundamentación científica, asegurándose así la obtención de resultados objetivos. Para lograr esto se requiere del constante desarrollo de los procedimientos de evaluación sensorial y la correcta planificación, diseño y obtención de la calidad sensorial adecuado (Torricela & Huerta , 2008).



Esquema tomado de Sancho, Bota, De Castro, & Puig (1999).

En los últimos años, se han realizado numerosos estudios sobre los atributos sensoriales, su medición instrumental y percepción a través de los órganos de los sentidos, se ha estudiado el concepto de calidad sensorial y de análisis. Como consecuencia de estas estimaciones, se ha establecido que la calidad sensorial de un

alimento no es una característica propia, sino el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre. Así, se puede definir como la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimento, influenciada por las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas de la persona o grupo de personas que evalúa (Sancho, Bota, De Castro, & Puig, 1999)

La percepción de sensaciones es el resultado de un proceso fisiológico que comienza con la detección del estímulo y finaliza con la respuesta que el cerebro elabora una vez ha analizado dicho estímulo. El proceso sensorial se inicia por la presencia de un estímulo físico o químico que actúa sobre los receptores sensoriales, definiéndose por tanto el estímulo como el agente químico o físico que produce la respuesta de los receptores sensoriales externos o internos. Estos agentes químicos son detectados por los sentidos correspondientes, que envían la información en forma de impulso nervioso al cerebro. La interpretación en el cerebro de esta sensación, es decir, la toma de conciencia sensorial, se denomina percepción (Sancho, Bota, De Castro, & Puig, 1999).

Por otra parte, estos atributos no se presentan o perciben de forma individual, sino que se solapan provocando que el sujeto reciba un revuelto de impresiones sensoriales casi similares. El entrenamiento en el Análisis Sensorial, por tanto, está encaminado a permitir que la persona será capaz de proporcionar una evaluación individual de cada uno de ellos (Morten, Vance, & Carr, 2007).

Los órganos de los sentidos son los encargados de recibir y detectar los estímulos y de transmitir esa información en forma de transmisión nerviosa al cerebro para que se interprete y convierta así en una percepción.

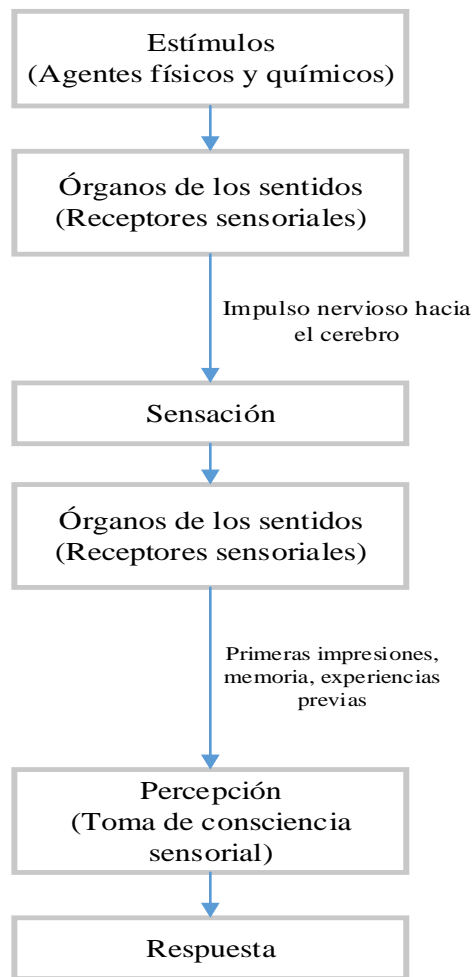


Figura 1. Diagrama de la percepción sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina que permite medir, analizar e interpretar las reacciones ante aquellas propiedades que caracterizan a ciertos productos alimenticios y materiales, tal y como se perciben a través de los sentidos (Fortín & Desplancke, 2001). La calidad sensorial es la suma de atributos sensoriales que tienen la aceptación de un público objetivo, esta calificación se realiza por un panel de catadores entrenados. La palabra “cata” significa degustar un producto intentando buscar sus virtudes y sus defectos, analizándolo y descubriéndolo (Gutiérrez, 2009).

El cacao tiene características intrínsecas, las cuales son potenciadas con un adecuado beneficio. Los sabores que se pueden percibir en el cacao son: amargo, ácido, astringente, chocolate, frutal, floral, entre otros.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Diseño de la Investigación

Se utilizó un diseño factorial 3Ax 3B con tres réplicas.

Tabla 2. Diseño de la investigación

Factor	Niveles de factor
Modelo de remoción	Modelo A: 12 – 36 – 24 – 24 horas Modelo B: 24 – 48 – 24 – 24 horas Modelo C: 48 – 24 – 24 – 24 horas
Tiempo de fermentación	5 días 6 días 7 días

Tabla 3. Arreglo experimental de la combinación de niveles y factores.

Modelos de Remoción	Modelo A			Modelo B			Modelo C		
	Días	5	6	7	5	6	7	5	6
Tratamiento	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Réplica 1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1	R1
Réplica 2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2	R2
Réplica 3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3	R3

### 4.2 Material de estudio

Cacaos finos de aroma provenientes de clones: ICS 1, ICS 39, ICS 95 (Imperial College Selection) y TSH 565 (Trinidad Selection Hybrida)

## **Preparación de muestras para análisis**

### **Preparación de la muestra para análisis sensorial:**

Se pesó 500 gramos. Previamente se precalentó el tostador de cacao hasta llegar a 150°C luego se programó para que realice la operación en un tiempo de 35 minutos a 120°C, una vez cumplido el tiempo de tostado se enfriaron las semillas en una bandeja hasta temperatura ambiente, se trituro las semillas para facilitar la separación de la testa<sup>1</sup> y se descascarilló para permitir la separación de los nibs<sup>2</sup> de la testa, los nibs fueron premolidos en un molinillo antes de colocar en la conchadora<sup>3</sup>, el conchado se realizó por 8 horas a una temperatura de 45 a 50°C con un tamaño de partícula aproximado de 22 micras. Terminado el conchado inmediatamente se realizó el temperado en una superficie de vidrio templado en un ambiente de 22°C; se vació la pasta contenida en el conchador en la superficie de vidrio, reservando una parte, con una paleta se hizo movimientos para que se redujera la temperatura hasta los 28°C luego inmediatamente mezclando con una parte que se ha reservado se llegó a los 32°C, luego se colocó en moldes y se almacenó a 16°C debidamente codificadas.

---

<sup>1</sup> Cáscara externa de la semilla seca de cacao.

<sup>2</sup> Cotiledón de cacao tostado y con un ligero proceso de molturación.

<sup>3</sup> Equipo para el proceso de molienda y refinado del cacao.



**DIAGRAMA DE FLUJO DE PREPARACION PARA ANÁLISIS SENSORIAL**

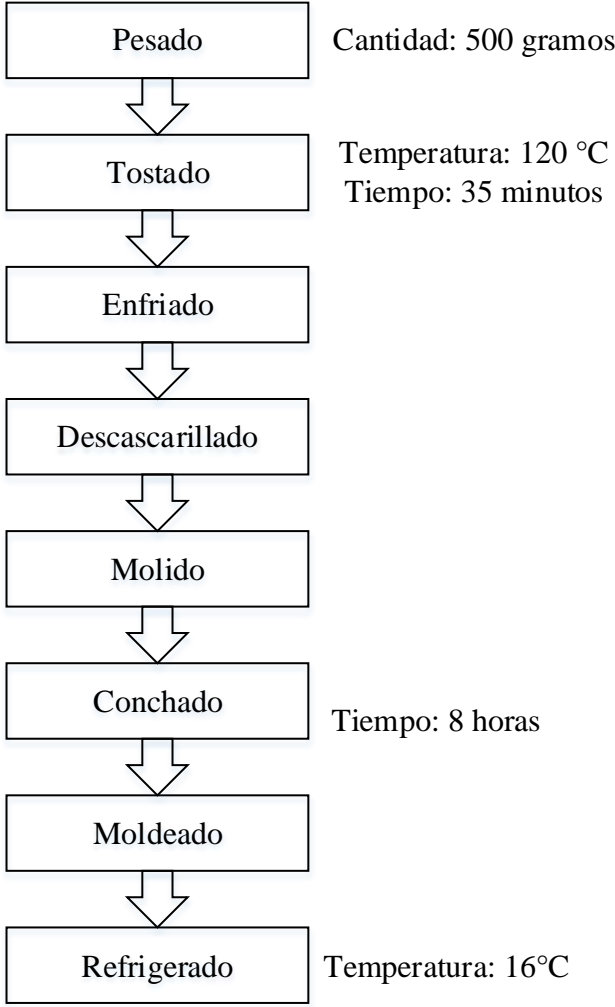


Figura 2. Diagrama de flujo de preparación de pasta de cacao

**4.3 Técnicas e Instrumentos.**

**Porcentaje de fermentación**

Se determinó en cacao seco, utilizando la “prueba de corte” de acuerdo a lo planteado por la NTP-ISO 1114:2016 utilizando una guillotina.

## **Evaluación sensorial**

Se realizó con un panel de 5 catadores, utilizando un formato de catación que determinó los atributos del cacao; aroma, acidez, astringencia, amargor, sabor, post gusto además de los defectos, calificándolos por su intensidad, desarrollado por la Red Nacional de Catadores de APPCACAO (ver figura 14).

### **4.4 Procedimiento:**

El cacao se obtuvo de los cultivos de los productores de la Cooperativa cacaotera ACOPAGRO del distrito de Campanilla en la provincia de Mariscal Cáceres Región San Martín ubicado en el Valle del Huallaga Central en el período de tiempo junio – agosto, la fermentación se realizó en diferentes tiempos y con la mezcla de los clones finos de aroma: ICS 1, ICS 39, ICS 95 y TSH 565. Se recolectó los frutos con un adecuado estado de madurez, se despulpó en baldes y se depositó en sacos de polietileno los cuales fueron trasladados al centro de Acopio. En el centro de Acopio se hizo un pre-escurrido de 24 horas, se acondicionó los cajones de madera de 1 m<sup>3</sup> cubriendo toda la superficie interna con sacos de yute dándole forma redondeada al ángulo del cajón, luego se recubrió con sacos de polietileno, se colocó el cacao pre-escurrido y se cubrió con sacos de yute.

La fermentación se realizó en 5, 6 y 7 días con tres modelos de remoción (A, B y C), completándose con una frecuencia de remoción de 24 horas hasta los días de fermentación, durante el proceso cada 12 horas se midió temperaturas y pH del cotiledón. Una vez cumplido el tiempo de fermentación se sacó 20 Kg de cacao de cajón fermentador por cada tratamiento y repetición, se secó al sol por 6 días, luego se tomó una muestra de 1 kg del cacao seco y se guardó en bolsas de polietileno de alta densidad.

Todas las muestras fueron trasladadas al laboratorio de control de calidad de la CAC ACOPAGRO, donde se realizó el análisis físico y sensorial. El análisis físico de las semillas secas de cacao midió pH, humedad y prueba de corte. La evaluación sensorial midió sabores básicos, sabores específicos y defectos.

### **Análisis físico de semillas secas de cacao:**

**Prueba de corte:** Se contó 100 semillas secas de cacao, se pesó para determinar el índice de semilla, luego se ubicó en la guillotina marca Magra y se hizo el corte, Según la NTP-ISO 1114:2016 se identificó granos bien fermentados (marrón oscuro, marrón y marrón ligero), parcialmente fermentados (parcial/ violeta, parcial/marfil), no fermentado (violeta, marfil, pizarroso), defectuosos (rotos, múltiples, planos, mohosos, dañados por insectos, germinados). Este procedimiento se realizó tres veces.

### **Análisis sensorial de pasta de cacao**

**Catación:** Se hizo una reunión con todos los participantes del panel de catación para calibrar el panel, dar algunos alcances y familiarizarse con los mismos términos. Luego de forma independiente a cada catador se le entregó tres muestras durante cada sesión, los datos se registraron en un formato de catación desarrollado por la red nacional de catadores de APPCACAO.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Fermentación

El análisis de varianza para evaluar el efecto de los distintos tratamientos y de los factores muestra únicamente la influencia del factor modelo de remoción en los niveles de fermentación para las semillas Bien fermentadas y Parcialmente fermentadas, el factor tiempo de fermentación y la interacción de ambos factores no tiene ningún efecto en el nivel de fermentación, las semillas no fermentadas en ninguno de los tratamientos son significativos (Tabla N° 4).

Tabla 4. Análisis de varianza. Fermentación de cacao.

Modelo corregido	Bien Fermentados	1366,354 <sup>a</sup>	8	170,794	3,304	,017
	Parcial/Fermentados	1034,074 <sup>b</sup>	8	129,259	2,688	,039
	No fermentados	144,444 <sup>c</sup>	8	18,056	,981	,481
Interceptación	Bien Fermentados	133047,720	1	133047,720	2574,092	,000
	Parcial/Fermentados	19521,333	1	19521,333	405,998	,000
	No fermentados	231,148	1	231,148	12,563	,002
MODELO	Bien Fermentados	1217,218	2	608,609	11,775	,001
	Parcial/Fermentados	972,543	2	486,272	10,113	,001
	No fermentados	83,728	2	41,864	2,275	,132
DIAS	Bien Fermentados	81,218	2	40,609	,786	,471
	Parcial/Fermentados	12,543	2	6,272	,130	,879
	No fermentados	41,407	2	20,704	1,125	,346
MODELO * DIAS	Bien Fermentados	67,918	4	16,979	,329	,855
	Parcial/Fermentados	48,988	4	12,247	,255	,903
	No fermentados	19,309	4	4,827	,262	,898
Error	Bien Fermentados	930,370	18	51,687		
	Parcial/Fermentados	865,481	18	48,082		
	No fermentados	331,185	18	18,399		
Total	Bien Fermentados	135344,444	27			
	Parcial/Fermentados	21420,889	27			
	No fermentados	706,778	27			
Total corregido	Bien Fermentados	2296,724	26			
	Parcial/Fermentados	1899,556	26			
	No fermentados	475,630	26			

- a. R al cuadrado = ,595 (R al cuadrado ajustada = ,415)
- b. R al cuadrado = ,544 (R al cuadrado ajustada = ,342)
- c. R al cuadrado = ,304 (R al cuadrado ajustada = -,006)

### Modelos de remoción

Las pruebas de comparaciones múltiples Tukey y Duncan con nivel de significación de 0,05 para las semillas bien fermentadas establecen que los mejores niveles se encuentran en los modelos de remoción B y C (Tabla 5.)

Tabla 5. Niveles de semillas bien fermentadas según modelo de remoción.

	MODELO	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	A	9	61,556	
	B	9		71,111
	C	9		77,926
	Sig.		1,000	,138
Duncan <sup>a,b</sup>	A	9	61,556	
	B	9		71,111
	C	9		77,926
	Sig.		1,000	,060

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 51,687.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.
- b. Alfa = .05.

Para las semillas parcialmente fermentadas las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey y Duncan reflejan mayor cantidad de semillas parcialmente fermentadas en los modelos de remoción A y B (Tabla 6.)

Tabla 6. Niveles de semillas parcialmente fermentadas según modelo de remoción.

**Parcial/Fermentados**

Pruebas de comparación	Modelo	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	C	9	18,963	
	B	9		28,222
	A	9		33,481
	Sig.		1,000	,268
Duncan <sup>a,b</sup>	C	9	18,963	
	B	9		28,222
	A	9		33,481
	Sig.		1,000	,125

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 48,082.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = .05.

Para las semillas no fermentadas Tukey y Duncan encuentran los mismos niveles en todos los modelos de remoción (Tabla 7.).

Tabla 7. Niveles de semillas no fermentadas según modelo de remoción.

	MODELO	N	Subconjunto
			1
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	B	9	,667
	C	9	3,148
	A	9	4,963
	Sig.		,113
Duncan <sup>a,b</sup>	B	9	,667
	C	9	3,148
	A	9	4,963
	Sig.		,058

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 18,399.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

b. Alfa = .05.

### Días de fermentación

Las pruebas comparativas de Tukey y Duncan no encuentran efecto de los días que dura el proceso de fermentación sobre los niveles de semillas fermentadas.

## 5.2 Análisis sensorial

Al evaluar los datos obtenidos del panel de catadores con la prueba no paramétrica de Friedman se obtuvo un nivel de significación únicamente para el atributo Post gusto.

Tabla 8. Prueba de Friedman para análisis sensorial.

	Aroma	Acidez	Amargor	Astringencia	Sabor	Post gusto	Puntaje catador	Defectos
N	15	15	15	15	15	15	15	15
Chi- cuadrado	13,414	10,281	7,145	7,145	8,827	17,968	14,335	11,552
gl	8	8	8	8	8	8	8	8
Sig. asintótica	.098	.246	.521	.521	.357	.021	.073	.172

El análisis de varianza para evaluar el efecto de los tratamientos y de los factores de estudio en el perfil sensorial refleja la influencia de los días de fermentación en la acidez y en el puntaje catador (Tabla N° 9).

Tabla 9. Análisis de varianza. Perfil Sensorial de cacao

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	Aroma	8,637 <sup>a</sup>	8	1,080	1,386	,209
	Acidez	11,467 <sup>b</sup>	8	1,433	1,577	,138
	Amargor	6,770 <sup>c</sup>	8	,846	,846	,564
	Astringencia	15,467 <sup>d</sup>	8	1,933	1,563	,142
	Defectos	93,333 <sup>e</sup>	8	11,667	,879	,536
	Sabor	20,459 <sup>f</sup>	8	2,557	,430	,901
	Post gusto	11,881 <sup>g</sup>	8	1,485	1,757	,092
	Puntaje catador	7,704 <sup>h</sup>	8	,963	2,078	,043
Interceptación	Aroma	5214,230	1	5214,230	6694,901	,000
	Acidez	4860,000	1	4860,000	5346,566	,000
	Amargor	4518,230	1	4518,230	4518,230	,000
	Astringencia	4506,667	1	4506,667	3643,114	,000
	Defectos	42987,267	1	42987,267	3238,696	,000
	Sabor	23973,341	1	23973,341	4031,822	,000
	Post gusto	4599,585	1	4599,585	5440,060	,000
	Puntaje catador	5053,896	1	5053,896	10903,954	,000
modelo	Aroma	,237	2	,119	,152	,859
	Acidez	2,800	2	1,400	1,540	,218
	Amargor	,281	2	,141	,141	,869
	Astringencia	3,733	2	1,867	1,509	,225
	Defectos	16,844	2	8,422	,635	,532
	Sabor	6,059	2	3,030	,510	,602
	Post gusto	4,193	2	2,096	2,479	,088
	Puntaje catador	,904	2	,452	,975	,380
días	Aroma	,904	2	,452	,580	,561
	Acidez	7,600	2	3,800	4,180	,017
	Amargor	3,215	2	1,607	1,607	,204
	Astringencia	4,978	2	2,489	2,012	,138
	Defectos	31,244	2	15,622	1,177	,312
	Sabor	6,104	2	3,052	,513	,600
	Post gusto	3,659	2	1,830	2,164	,119
	Puntaje catador	3,570	2	1,785	3,852	,024
modelo * días	Aroma	7,496	4	1,874	2,406	,053
	Acidez	1,067	4	,267	,293	,882
	Amargor	3,274	4	,819	,819	,516
	Astringencia	6,756	4	1,689	1,365	,250
	Defectos	45,244	4	11,311	,852	,495
	Sabor	8,296	4	2,074	,349	,844
	Post gusto	4,030	4	1,007	1,191	,318
	Puntaje catador	3,230	4	,807	1,742	,145
Error	Aroma	98,133	126	,779		



	Acidez	114,533	126	,909		
	Amargor	126,000	126	1,000		
	Astringencia	155,867	126	1,237		
	Defectos	1672,400	126	13,273		
	Sabor	749,200	126	5,946		
	Post gusto	106,533	126	,846		
	Puntaje catador	58,400	126	,463		
Total	Aroma	5321,000	135			
	Acidez	4986,000	135			
	Amargor	4651,000	135			
	Astringencia	4678,000	135			
	Defectos	44753,000	135			
	Sabor	24743,000	135			
	Post gusto	4718,000	135			
	Puntaje catador	5120,000	135			
Total corregido	Aroma	106,770	134			
	Acidez	126,000	134			
	Amargor	132,770	134			
	Astringencia	171,333	134			
	Defectos	1765,733	134			
	Sabor	769,659	134			
	Post gusto	118,415	134			
	Puntaje catador	66,104	134			

a. R al cuadrado = ,081 (R al cuadrado ajustada = ,023)

b. R al cuadrado = ,091 (R al cuadrado ajustada = ,033)

c. R al cuadrado = ,051 (R al cuadrado ajustada = -,009)

d. R al cuadrado = ,090 (R al cuadrado ajustada = ,033)

e. R al cuadrado = ,053 (R al cuadrado ajustada = -,007)

f. R al cuadrado = ,027 (R al cuadrado ajustada = -,035)

g. R al cuadrado = ,100 (R al cuadrado ajustada = ,043)

h. R al cuadrado = ,117 (R al cuadrado ajustada = ,060)

Las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey y Duncan muestran mejores puntuaciones en acidez a los 5 y 7 días de fermentación (Tabla 10)

Tabla 10. Acidez en el perfil sensorial de pasta de cacao

	días	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	6,0	45	5,667	
	5,0	45	6,133	6,133
	7,0	45		6,200
	Sig.		,056	,941
Duncan <sup>a,b</sup>	6,0	45	5,667	
	5,0	45		6,133
	7,0	45		6,200
	Sig.		1,000	,741

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = ,909.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 45,000.

b. Alfa = .05.

Las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey y Duncan muestran mejores puntuaciones de catador a los 5 y 7 días de fermentación (Tabla 11)

Tabla 11. Puntaje catador en el perfil sensorial

	días	N	Subconjunto	
			1	2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	6,0	45	5,889	
	5,0	45	6,222	6,222
	7,0	45		6,244
	Sig.		,056	,987
Duncan <sup>a,b</sup>	6,0	45	5,889	
	5,0	45		6,222
	7,0	45		6,244
	Sig.		1,000	,877

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
 Se basa en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática(Error) = ,463.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 45,000.

b. Alfa = .05.

Mediante un gráfico de barras se puede visualizar puntuaciones más altas de acidez y puntaje catador en 5 y 7 días de fermentación.

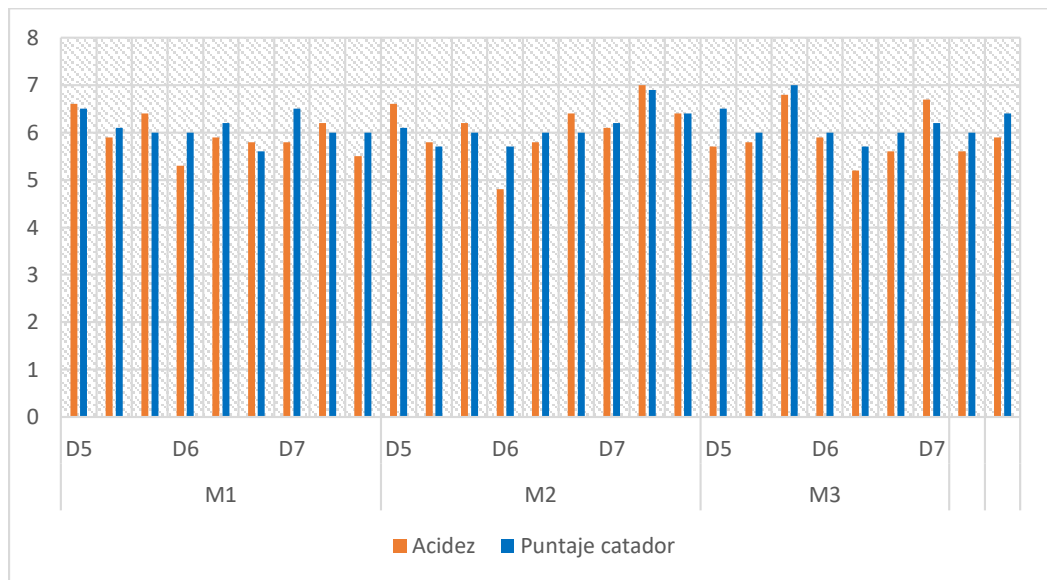


Figura 3. Puntuaciones de acidez y puntaje catador

El amargor y la astringencia tuvieron menos expresión a los 6 días de fermentación en el modelo de remoción C

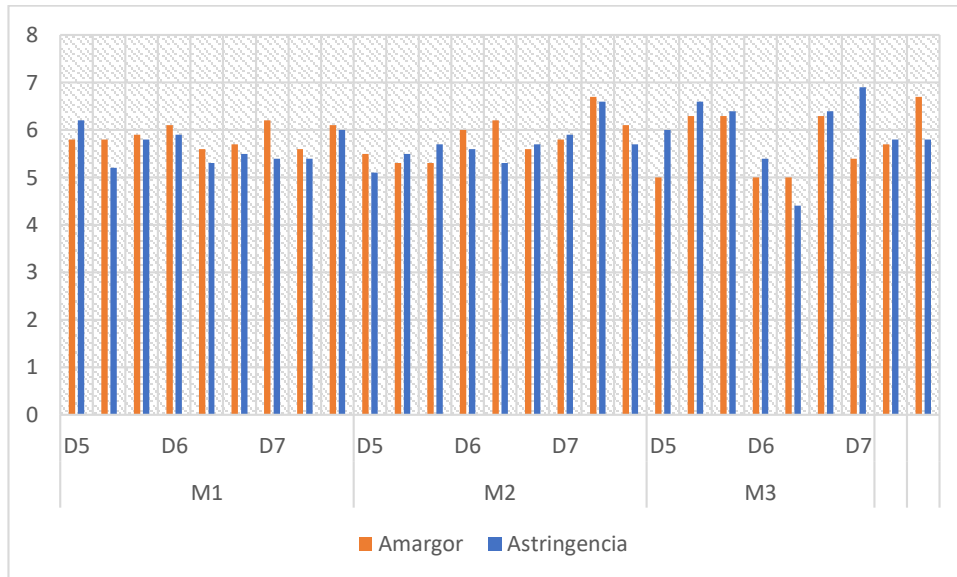


Figura 4. Puntuaciones de amargor y astringencia

El aroma tuvo niveles más altos de puntuación a los 5 y 7 días de fermentación en todos los modelos de remoción.

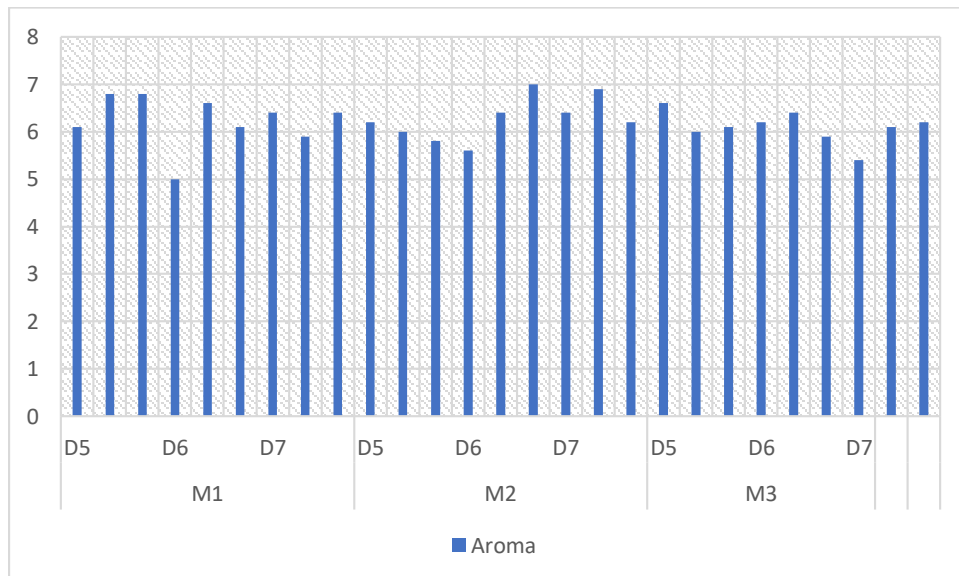


Figura 5. Grafica de niveles de Aroma

## VI. DISCUSIONES

La frecuencia de remoción y el tiempo son factores que influyen en el nivel de fermentación y perfil sensorial de las semillas de cacao, sin embargo, en el estudio realizado no se obtuvo efecto significativo, cabe mencionar que la investigación se realizó a una escala real, incrementando así otros factores que pudieron influir en el proceso. Diversos estudios refieren que estos dos factores objeto de estudio están condicionados por la variedad del cacao y las condiciones climáticas (Rodríguez-Campos, y otros, 2012), la variedad influye en el tipo de la composición química (Kongor, y otros, 2016) que unido al factor tiempo y condiciones medioambientales determinan la población de microorganismos, cinética microbiana y producto de ello las modificaciones determinadas por el tipo de reacciones químico-enzimáticas que ocurren en el proceso de fermentación y secado que van a dar como resultado el nivel de fermentación y la formación de precursores del sabor que se van a ver potenciados con el proceso de tostado (Portillo, Graziani, & Cros, 2006; Kadow, Bohlmann, Phillips, & Lieberei, 2013).

Normalmente al aumentar los días de fermentación se incrementa el porcentaje de granos fermentados y disminuyen los granos violetas (Rivera, y otros, 2012), en el estudio al evaluar independientemente cada factor (días de fermentación y frecuencia de remoción) no se observó diferencias significativas del factor tiempo sobre el nivel de fermentación, en otros estudios se encontró que los clones trinitarios logran una fermentación óptima desde 3 a 6 días (Mayorga-Gross, Quirós-Guerrero, Fourny, & Vaillant, 2016; Puchaicela, 2016).

Las remociones en el proceso de fermentación provocan efectos variables sobre el perfil sensorial del cacao (Liendo, 2015; Portillo, Graziani, & Cros, 2006) en el estudio realizado se verificó la influencia del modelo de remoción sobre las puntuaciones de post gusto y puntaje catador, el puntaje catador podría ser considerado como la apreciación de calidad sensorial global de la muestra, en lo referente al tiempo de fermentación diversos estudios demuestran la influencia del tiempo sobre el nivel de fermentación y el perfil sensorial, algunos refieren el tiempo de fermentación óptimo es 48 y 72 horas (Portillo, Graziani, & Cros, 2006). Liendo (2015) evaluó el efecto de la remoción cada 24, 48 y 72 horas, sobre las características sensoriales: acidez, amargo, astringencia, afrutado, nueces,

caramelo/malta/dulce, crudo/ verde y obtuvo que los volteos provocan efectos variables estadísticamente significativos sobre el perfil sensorial intensificándose en los sabores afrutados y acidez en los volteos de 72 con respecto al de 24 horas, en el estudio se encontró influencia de los días de fermentación en la acidez y en el puntaje catador encontrándose mayores puntuaciones de calidad a los 5 y 7 días de fermentación.

El perfil sensorial del cacao está asociado al adecuado proceso fermentativo de las almendras y de variedad (Mera & Ruíz, 2015), una inadecuada fermentación se debe la calidad de la semilla que se utilizó y el manejo del proceso (Morales, 2015). Una fermentación mediana afecta la acidez, amargo y astringente (Quintana-Fuentes, Gómez-Castelblanco, García-Jerez, & Martínez-Guerrero, 2016) Estos cambios en el perfil de sabor van junto con un cambio de color de púrpura pálido (sin fermentar) a marrón (completamente fermentado (Kadow, Bohlmann, Phillips, & Lieberei, 2013) verificables en el nivel de fermentación, que en niveles desproporcionados son causantes de la disminución de la calidad sensorial.

Los sabores básicos y específicos son desarrollados mediante una serie de reacciones químico-enzimáticas durante la fermentación, el sustrato y las condiciones del medio deben ser las adecuadas para que se realice adecuadamente el proceso (Burcher, 2010), en la investigación se ha realizado un proceso de pre-escurredo que ha disminuido los contenidos de azúcares pudiendo afectar de este modo el sustrato para la primera fase del proceso fermentativo; fermentación alcohólica, desarrollando como resultado un perfil con elevadas puntuaciones de amargor y astringencia propios de la escasa cantidad de azúcares y el enfriamiento de masa por el diferencial de temperaturas al momento de la remoción ya que ésta se dio en horas de menor temperatura (mañanas y tardes).

## **VII. CONCLUSIONES**

Los tratamientos resultantes de la interacción del factor modelo de remoción y tiempo de fermentación no influye en los niveles de fermentación de las semillas secas, sin embargo, evaluando cada factor independiente se obtuvo que el modelo de remoción influye en el incremento de la fermentación y los mejores resultados se obtuvieron con el modelo de remoción de 48, 24, 24, 24 horas hasta completar el tiempo de fermentado.

La calidad sensorial evaluada a nivel de tratamiento muestra únicamente niveles significativos en las puntuaciones de post gusto y puntaje catador, evaluando el efecto de cada factor se encontró influencia de los días de fermentación en la acidez y en el puntaje catador encontrándose las más altas puntuaciones a los 5 y 7 días de fermentación asimismo en este tiempo mediante estadística descriptiva se pudo verificar que hay mayores puntuaciones de aroma que es uno de los atributos específicos para calificar el cacao como “fino de aroma” y por otro lado calificaciones altas de amargor y astringencia que son características que le restan calidad al cacao.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

En posteriores estudios considerar las condiciones climáticas como un factor de influencia en el proceso de fermentación.

Reducir el tiempo de pre-escurrido en los cacaos finos de aroma antes de la fermentación para evitar la pérdida de azúcares contenidos en el mucílago que son el sustrato para la fermentación.

Cambiar el ángulo de la estructura interna de los cajones fermentadores por una forma curva, para evitar el enfriamiento de la masa de cacao.

Realizar posteriores investigaciones considerando el tiempo de pre-escurrido y el proceso de secado.

Realizar trabajos a nivel de laboratorio y piloto teniendo en cuenta proporciones de la mezcla cacaos finos de aroma y por separado.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, C., Tobar, L., García Héctor, Morrillo, F., Sánchez, P., Girón, C., & De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista científica UDO agrícola*, 10, 76 - 87. Obtenido de <http://www.bioline.org.br/pdf?cg10010>
- Arévalo , M., Delgado , T., Maroto, S., Rivera, J., Higuera, I., & Navarro, A. (2016). *Estudio Comercial Sobre la Producción y el Comercio de Cacao en America Latina*. Jalisco - Costa Rica. Obtenido de <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2017/BVE17048806e.pdf>
- Barrientos, P. (2015). La cadena de cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial. *Universidad de Medellín*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v18n37/v18n37a6.pdf>
- Bartley B., G. D. (2005). *The genetic diversity of cacao and its utilization*. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing.
- Burcher, J. (2010). *Fermentación del Cacao. Aspectos Generales. Indonesia*.
- Cadena, T., & Herrera, Y. M. (2008). *Evaluación del efecto de procesamiento del cacao sobre el contenido de polifenoles y su actividad antioxidante*. Trabajo de grado para optar el título de química. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/334/2/128865.pdf>
- CORPAICA. (2001). *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. Colombia.
- Crafack, M., Keul, H., Eskildsen, C. E., Petersen, M. A., Saerens, S., Blennow, A., . . . Nielsen, D. S. (2014). Impact of starter cultures and fermentation techniques on the volatile. *Food Research International*. Obtenido de [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996914002816](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996914002816)
- Cros , E., & Jeanjean, N. (1995). Cocoa quality: effect of fermentation. *CIRAD*. Obtenido de [http://agritrop.cirad.fr/387560/1/document\\_387560.pdf](http://agritrop.cirad.fr/387560/1/document_387560.pdf)



- Cubillos, G., Merizalde, G., & Correa, E. (2008). *Manual de beneficio del cacao*. Manual. Obtenido de [https://chocolates.com.co/sites/default/files/default\\_images/manual\\_beneficio\\_cacao.pdf](https://chocolates.com.co/sites/default/files/default_images/manual_beneficio_cacao.pdf)
- Dapeng , Z., & Lambert , M. (2016). *Origin, Dispersal, and Current Global Distribution of Cacao Genetic Diversity*.
- De la Cruz, E. E., & Pereira, J. I. (2016). *Historia, saberes y sobores del cacao, al chocolate de Barlovento, estado de Miranda, Venezuela*. Miranda: Simón Rodríguez. Obtenido de [http://iabim.gob.ve/fondo\\_intranet/books/pdf/AutoresTemasMirandinos/Libro-Digital-CACAO.pdf](http://iabim.gob.ve/fondo_intranet/books/pdf/AutoresTemasMirandinos/Libro-Digital-CACAO.pdf)
- Dubón, A. (2016). *Protocolo para el Beneficiado y calidad del cacao*. Protocolo. Obtenido de [http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao\\_pdfs/Protocolo\\_para\\_el\\_Beneficiado\\_y\\_Calidad\\_del\\_Cacao\\_2016.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Protocolo_para_el_Beneficiado_y_Calidad_del_Cacao_2016.pdf)
- Estela Vega - Christie, M. (2012). *El caso de la Cooperativa Industrial Agraria Naranjillo (COOPAIN): Expresión de Biocomercio en el Perú*. Tesis para obtener el grado de magíster. Obtenido de ESTELA\_VEGA\_CHRISTIE\_MATIAS\_CASO\_COOPERATIVA.pdf
- Fadel, H., Magda, A., Kader, M., Samad, A., & Shereen, N. (2006). Cocoa substitute: evaluation of sensory qualities and flavor stability. *European Food Research and Technology*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00217-005-0162-3>
- FAO. (s.f.). *Cacao Operaciones Post cosecha*.
- FAO. (s.f.). *Cacao. Operaciones Post Cosecha*. México. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-au995s.pdf>
- Federación Nacional de Cacaoteros. (2013). *Guía ambiental para el cultivo de cacao*. Medellín. Obtenido de [http://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub\\_doctecnicos/fedecacao-pub-doc\\_05B.pdf](http://www.fedecacao.com.co/site/images/recourses/pub_doctecnicos/fedecacao-pub-doc_05B.pdf)

- Fortín, J., & Desplancke, C. (2001). *Guía de selección y entrenamiento de panel de catadores*. Obtenido de <https://www.casadellibro.com/libro-guia-de-seleccion-y-entrenamiento-de-un-panel-de-catadores/9788420009308/744363>
- García, L. F. (2010). *Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú*. Lima, Perú: Q&P Impresiones S.R.L. Obtenido de [http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/catalogo\\_cultivares\\_cacao.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/catalogo_cultivares_cacao.pdf)
- García, L. F., Guardia, D., García, P. V., & Chía, J. (2012). *Conservación y utilización de los recursos genéticos del cacao (Theobroma cacao L.) en la selva alta de la amazonía peruana*. Memoria del Primer Encuentro de Investigadores Ambientales, Iquitos - Perú. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/handle/minam/1942/OBIN\\_AM\\_MI\\_02.pdf?sequence=5](http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/handle/minam/1942/OBIN_AM_MI_02.pdf?sequence=5)
- Gramacho, P. I. (1992). *Cultivo y beneficio del cacao*.
- Guerrero, M. (2007). *Consolidación y promoción de asociaciones productivas y cluster, y actividades de inteligencia comercial. Perú*.
- Gutierrez, M. (2009). *Guía de gestión de calidad en centro de acopio, secado y fermentación de cacao*. Obtenido de [http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/guia\\_gestion\\_calidad.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/guia_gestion_calidad.pdf)
- Gutierrez, M. (2009). *Guía de gestión de la calidad en centro de acopio, secado y fermentación de cacao*. Obtenido de [http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/guia\\_gestion\\_calidad.pdf](http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cacao/guia_gestion_calidad.pdf)
- Gutierrez, M. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la. *UDO Agrícola*, 12(4). Obtenido de <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-EfectoDeLaFrecuenciaDeRemocionYTiempoDeFermentacio-6104327.pdf>
- Hurst, W. J., Tarka, S. J., Powis, T. G., Valdez, F. J., & Hester, T. (2002). Cacao usage by the earliest Maya civilization. *Nature*, 289 - 90. doi: 10.1038/418289a

- Indecopi. (junio de 2015). *Cacao*. Boletín. Obtenido de Indecopi:  
[https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/202940/06.-BOLETIN\\_N5\\_CACAO.pdf/87bff02b-6b88-45e8-b7ff-28ce1783642e](https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/202940/06.-BOLETIN_N5_CACAO.pdf/87bff02b-6b88-45e8-b7ff-28ce1783642e)
- INEI. (2012). *Resultados definitivos de IV Censo Nacional Agropecuario*. Obtenido de  
<http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Influencia del Tipo de Cacao ( *Theobroma Cacao L.*) en las características del fermentado y secado. (2016). *Agro Productividad*, 48 - 54. Obtenido de  
<http://132.248.9.34/hevila/Agroproductividad/2016/vol9/no1/7.pdf>
- INIAP. (1993). *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*. Obtenido de <http://www.iniap-ecuador.gob.ec>
- Kadow, D., Bohlmann, J., Phillips, W., & Lieberei, R. (2013). Identification of main fine or flavour components in two genotypes. *Applied Botany and Food Quality* , 90 - 98. Obtenido de  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.843.1215&rep=rep1&type=pdf>
- Kongor, J., Hinneh, M., Van de Walle, D., Afoakwa, E., Boeckx, P., & Dewettinck, K. (2016). Factors Influencing Quality Variation in Cocoa (*Theobroma cacao*) Bean Flavour. *Food Research International*. Obtenido de  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996916300163>
- Krähmer, A., Engel, A., Kadow, D., Ali , N., Umaharan, P., Kroh, L. W., & Schulz, H. (2015). Fast and neat – Determination of biochemical quality parameters. *Food Chemistry*, 152–159. Obtenido de  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615002745>
- Liendo, R. J. (2015). Efecto del volteo sobre los perfiles sensoriales del cacao fermentado. *Facultad de Agronomía LUZ*, 32, 41 - 62. Obtenido de  
[http://revfacagronluz.org.ve/PDF/enero\\_marzo2015/v32n1a20154162.pdf](http://revfacagronluz.org.ve/PDF/enero_marzo2015/v32n1a20154162.pdf)
- Lineo, C. (2016). *Estudio del cacao en el Perú y en el mundo*. Obtenido de  
<file:///C:/Users/DELL/Downloads/estudio-cacao-peru-julio-2016.pdf>

- Loayza, W. (2014). *Influencia de la Frecuencia de remoción durante la fermentación, en la calidad sensorial del cacao (Theobroma Cacao, L.) de Satipo*. Lima. Obtenido de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/3877/Loayza\\_lw.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/3877/Loayza_lw.pdf?sequence=1)
- López, R. (2016). *Desarrollo de un modelo matemático para la fermentación del cacao criollo blanco*. Tesis de maestría, Piura. Obtenido de <http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/CONCYTEC/231/1/Tesis%20-%20L%C3%B3pez%20Monz%C3%B3n%20Robinson.pdf>
- Mayorga-Gross, A. L., Quirós-Guerrero, L. M., Fourny, G., & Vaillant, F. (2016). An untargeted metabolomic assessment of cocoa beans. *Food Research International*. Obtenido de <http://sci-hub.cc/http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996916301466>
- Mera, O., & Ruíz, M. (2015). *Evaluación física, sensorial y bromatológica del licor del cacao en variedades clonales EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96, EET-103 en la ESPAM*. Tesis. Obtenido de <http://181.196.143.6/bitstream/42000/434/1/TESIS%20CLONES%20DE%20LICOR%20DE%20CACAO%20%20APROBADA%20FINAL.pdf>
- Morales, O., Borda, A., Argandoña, A., Farach, R., García Naranjo, L., & Lazo, K. (2015). *La Alianza Cacao Perú y la Cadena Productiva del Cacao de Fino Aroma*. Lima: Ediciones Essan. Obtenido de <http://www.esan.edu.pe/publicaciones/2015/08/17/La%20Alianza%20Cacao%20Per%C3%BA%20para%20web.pdf>
- Morales, V. M. (2015). *Fermentación del cacao como valor agregado a su sabor para la obtención de un chocolate fino ecuatoriano y su estímulo en las exportaciones no tradicionales de Ecuador*. Tesis de pregrado. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/9260/1/Tesis%20Vanessa%20Morales%20Franco.pdf>
- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., López, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89, 380 -386. doi:10.1038/sj.hdy.6800156

- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Heath, M., & Lanaud, C. (2003). Cacao domestication II: progenitor germplasm of. *Heredity*, 322 - 330. Obtenido de <https://www.nature.com/hdy/journal/v91/n3/pdf/6800298a.pdf>
- Nogales, J., Graziani de Fariñas, L., & Ortiz de Bertorelli, L. (2006). Cambios Físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop.*, 5 - 20.
- Oliva, C., Benito, J., Acuña, R., Bocanegra, A., & Baltazar, J. (2014). Estimación de la repetitividad y selección genética de árboles de cacao aromático con material genético de EE - INIA - San Martín y de la UC de Lebuaf, en Perú. *Scientia Agropecuaria*, 5, 59 - 64. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v5n1/a07v5n1.pdf>
- Olivera , Q. S. (2015). El patrimonio arqueológico y sus incidencias en la comunidad de Bagua Amazonas– Perú. Obtenido de <https://www.educacion.gob.es/teseo/imprimirFicheroTesis.do?idFichero=77975>
- Ortís, L., Rovedas, G., & Graziani, L. (2009). Influencia de varios factores sobre índices físicos del grano de cacao en fermentación. *Agronomía Trop*, 59(1). Obtenido de [http://sian.inia.gob.ve/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at5901/pdf/bertorelli\\_12.pdf](http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at5901/pdf/bertorelli_12.pdf)
- Phillips Mora, W., Arciniegas Leal, A., Mata Quirós, A., & Motamayor Arias, J. C. (2012). *Catálogo de clones de cacao*. Turrialba, Costa Rica. Obtenido de [http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf](http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf)
- Portillo, E., Graziani, L., & Cros, E. (2006). Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial de cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23, 49-57. Obtenido de <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/viewFile/12164/12152>
- Prárraga, C. L. (20015). *Calidad Física y organoléptica de almendras de cacao (Theobroma Cacao L.) mediante métodos de fermentación y estaciones climáticas fortaleza del valle*. Calceta. Obtenido de

<http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/38/1/P%C3%A1rraga%20Vera%20Carlos%20Lu%C3%ADs.pdf>

Puchaicela, R. (2016). *Fortalecimiento de la cadena productiva y de valor del cacao, de "ASOPROMAS" en el barrio playas del Cuje, ciudad de Zumbi, cantón centineladel cóndor, provincia de Zamora Chinchipe, año 2014*. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10155/1/Trabajo%20de%20Tesis.%20Sisa%20Puchaicela.%2015-03-2016.pdf>

Quintana, L., & Gómez, S. (2011). Perfil del Sabor del Clon CCN51 del Cacao (Theobroma cacao L.) Producido en Tres Fincas del Municipio de San Vicente de Chucurí. *Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales*, 5. Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/6218/1/Vol%205%202011%20Art%208%20Perfil%20del%20sabor.pdf>

Quintana-Fuentes, L., Gómez-Castelblanco, S., García-Jerez, A., & Martínez-Guerrero, N. (2016). Conformación de un panel de jueces en entrenamiento para el análisis sensorial de licores de cacao obtenidos de diferentes modelos de siembra. *Entramado*, 12(2). doi: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2016v12n2.24212>

Ramírez, D. C. (2010). *Evaluación Fisicoquímica del comportamiento de las almendras de cacao*. Obtenido de <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/366/1/Diana%20Carolina%20Bravo%20Ram%C3%ADrez.pdf>

Ramirez, M., Cely, V., & Ramírez, I. (2013). Actividad antioxidante de clones de cacao (Theobroma cacao L.) finos y aromáticos cultivados en el estado de Chiapas, México. *Perspectivas en nutrición humana*, 14. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v15n1/v15n1a2.pdf>

Rivera, R., Mecías, F., Guzmán, Á., Peña, M., Medina, H., Casanova, L., & Barrera, A. (2012). Efecto del tiempo y tipo de fermentación en la calidad física y fisicoquímica del cacao (Theobroma cacao) tipo nacional. *Ciencia y tecnología*, 5. Obtenido de <file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-EfectoDelTipoYTiempoDeFermentacionEnLaCalidadFisic-4149700.pdf>

- Rodríguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H., Contreras-Ramos, S., Orosco-Avila, E., Jaramillo-Flores, I., & Lugo-Cervantes, E. (2012). Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*, 132. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.078>
- Romero, C. A. (2016). *Estudio del Cacao en el Perú y en el Mundo*. Lima .
- Ruiz, J. M., Soto, J. C., & Ipanaqué, W. (2016). Evaluation of Spectral Relation Indexes of the Peruvian's Cocoa Beans During Fermentation Process. *Ieeela*, 14. Obtenido de [http://www.revistaieeela.pea.usp.br/issues/vol14issue6June2016/14TLA6\\_53RuizReyes.pdf](http://www.revistaieeela.pea.usp.br/issues/vol14issue6June2016/14TLA6_53RuizReyes.pdf)
- Sereno, M. L., Albuquerque, P. B., Vencovsky, R., & Figueira, A. (2006). Genetic diversity and natural population structure of cacao (*Theobroma cacao*) from the Brazilian Amazon evaluated by microsatellite markers. *Conservation Genetics*, 13-24. doi:10.1007/s10592-005-7568-0
- Sukha, D. (2016). *Protocolos para calidad del cacao: análisis del estado actual de la industria*. Obtenido de [http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/protocolos\\_calidad\\_cacao.pdf](http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/protocolos_calidad_cacao.pdf)
- Terry, G., Powis, W., Hurst, J., Rodríguez, M., Ponciano Ortiz, C., Blake, M., . . . Hodgson, J. G. (2007). Oldest chocolate in the New World. *Antiquity*, 314. Obtenido de <http://antiquity.ac.uk/projgall/powis/>
- Torres, M. (2012). *Influencia de las características y procesado del grano de cacao en la composición físico - química y propiedades sensoriales del chocolate negro*. Tesis para obtener el grado de doctor, Reus. Obtenido de [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/80743/Tesi\\_?sequence=1](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/80743/Tesi_?sequence=1)
- Urrieta-Saltijeral, J., Lázaro, C., Ordoñez, E., Hernández , R., & Obeso, V. (2013). Obtención de un perfil de sabor, mediante técnicas de análisis sensorial de los diferentes tipos de cacao fermentado cultivados en la Región Chomtalpa- México. *Biologías*. Obtenido de <http://promep.sep.gob.mx/archivospdf/MEMORIAS/Producto2360595.PDF>

- Valdez, F. (2014). *Arqueología Amazónica. Las civilizaciones ocultas del bosque tropical*. Quito - Ecuador. Obtenido de [http://hal.ird.fr/ird-01347353/file/Arqueologi%CC%81a%20Amazo%CC%81nica.%20Las%20Civilizaciones%20Ocultas%20del%20Bosque%20Tropical.%20Francisco%20Valdez%20\(Compilador\).%20\(2013\)%20%20%20ACTAS%20DEL%20COLOQUIO%20INTERNACIONAL%20Arqueologi%CC%81a%20regiona](http://hal.ird.fr/ird-01347353/file/Arqueologi%CC%81a%20Amazo%CC%81nica.%20Las%20Civilizaciones%20Ocultas%20del%20Bosque%20Tropical.%20Francisco%20Valdez%20(Compilador).%20(2013)%20%20%20ACTAS%20DEL%20COLOQUIO%20INTERNACIONAL%20Arqueologi%CC%81a%20regiona)
- Wacher, M. d. (2011). Microorganismos y Chocolate. *Revista Digital Universitaria Unam*, 12, 9. Obtenido de <http://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art42/art42.pdf>
- Yong Yang, J., Scascitelli, M., Motilal, L. A., Sveinsson, S., M. Engels, J. M., Kane, N. C., . . . B. Cronk, Q. C. (2013). Complex origin of Trinitario-type *Theobroma cacao*. *Tree Genetics & Genomes*. doi:DOI 10.1007/s11295-013-0601-4
- Zapata, S., Tamayo, A., & Benjamín, A. (2013). Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18, 5. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962013000300007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000300007)



## X. ANEXOS



Figura 6. Parcela de clones de cacao ICS 39



Figura 7. Cosecha del cacao ICS 95



Figura 8. Cosecha y selección del cacao



Figura 9. Fermentadores de cacao



Figura 10. Seguimiento de la temperatura en la fermentación mediante sensores



Figura 11. Toma de muestras de cacao para evaluación de pH



Figura 12. Proceso de secado



Figura 13. Análisis físico



Figura 14. Prueba de corte



Figura 15. Determinación de humedad



Figura 16. Pasta de cacao para evaluación



Figura 17. Pasta de cacao

Tabla 12. Nivel de fermentación según tratamientos

MODELO	DIAS	Bien Fermentados (%)	Parcial/Fermentados (%)	No fermentados (%)
M1	D5	51,33	34,00	14,67
		64,00	34,00	2,00
		55,33	42,00	2,67
	D6	55,33	27,33	17,33
		60,00	38,00	2,00
		69,33	30,00	0,67
	D7	66,67	29,33	4,00
		62,67	36,67	0,67
		69,33	30,00	0,67
M2	D5	78,00	19,33	2,67
		64,67	34,67	0,67
		66,00	32,67	1,33
	D6	80,67	18,67	0,67
		67,33	32,67	0,00
		64,67	35,33	0,00
	D7	77,33	22,00	0,67
		74,67	25,33	0,00
		66,67	33,33	0,00
M3	D5	82,00	11,33	7,00
		70,00	29,33	0,67
		82,67	13,33	4,00
	D6	83,33	12,67	4,00
		64,00	28,67	7,33
		84,67	14,67	0,67
	D7	80,00	18,67	1,33
		73,33	23,33	3,33
		81,33	18,67	0,00

Tabla 13. Resultados de la evaluación sensorial. Los atributos; aroma, acidez, amargor, astringencia, post gusto y puntaje catador evaluados en escala de 1-10. Los atributos; sabor, defectos y astringencia evaluados en escala 1-20.

<b>Modelo</b>	<b>Días</b>	<b>Aroma</b>	<b>Acidez</b>	<b>Amargor</b>	<b>Astringencia</b>	<b>Defectos</b>	<b>Sabor</b>	<b>Post gusto</b>	<b>Puntaje catador</b>
M1	D5	6.1	6.6	5.8	6.2	16.8	14	6.5	6.5
M1	D5	6.8	5.9	5.8	5.2	16.4	12.8	5.8	6.1
M1	D5	6.8	6.4	5.9	5.8	18	14	5.7	6
M1	D6	5	5.3	6.1	5.9	16.8	13.8	4.8	6
M1	D6	6.6	5.9	5.6	5.3	18	13.6	5.7	6.2
M1	D6	6.1	5.8	5.7	5.5	19.2	12.4	5.3	5.6
M1	D7	6.4	5.8	6.2	5.4	20	13.6	5.9	6.5
M1	D7	5.9	6.2	5.6	5.4	18	13.2	5.4	6
M1	D7	6.4	5.5	6.1	6	18	13.2	5.4	6
M2	D5	6.2	6.6	5.5	5.1	18.4	13.6	6	6.1
M2	D5	6	5.8	5.3	5.5	17.6	11.4	5.5	5.7
M2	D5	5.8	6.2	5.3	5.7	19.2	12.4	5.8	6
M2	D6	5.6	4.8	6	5.6	13.4	12	5.6	5.7
M2	D6	6.4	5.8	6.2	5.3	18	13.6	5.8	6
M2	D6	7	6.4	5.6	5.7	19.2	13.6	6	6
M2	D7	6.4	6.1	5.8	5.9	20	13.6	6.4	6.2
M2	D7	6.9	7	6.7	6.6	19.2	13.8	6.7	6.9
M2	D7	6.2	6.4	6.1	5.7	19.2	13.2	6.2	6.4
M3	D5	6.6	5.7	5	6	17.4	12.6	5.4	6.5
M3	D5	6	5.8	6.3	6.6	17.2	12.4	5.8	6
M3	D5	6.1	6.8	6.3	6.4	18.4	15	6.1	7
M3	D6	6.2	5.9	5	5.4	17.2	14.8	5.7	6
M3	D6	6.4	5.2	5	4.4	17.6	12.2	5.4	5.7
M3	D6	5.9	5.6	6.3	6.4	16.6	13	6.3	6
M3	D7	5.4	6.7	5.4	6.9	16.8	14.8	5.6	6.2
M3	D7	6.1	5.6	5.7	5.8	16.4	12.8	5.8	6
M3	D7	6.2	5.9	6.7	5.8	18.4	14.5	6.6	6.4





**ANÁLISIS SENSORIAL  
DE CACAO**  
Ficha de Catación

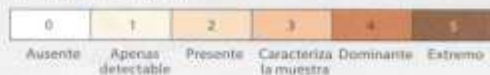
MUESTRA \_\_\_\_\_

CATADOR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma					x 1 =
Acidez					x 1 =
Amargor	INTENSIDAD 0 a 2.5 ≥ 5 en calidad 2.5 a 5 ≤ 5 en calidad				x 1 =
Astringencia					x 1 =
Defectos					x 2 =
Sabor	Cocoa/Cacao				x 2 =
	Dulce				
	Nuez				
	Frutas secas				
	Frutas frescas				
	Floral				
	Especies				
	Otros				
Pos gusto					x 1 =
COMENTARIOS:			<b>PUNTOS DE CATADOR</b>		x 1 =
<b>PUNTAJE FINAL</b>					

ESCALA DE INTENSIDAD



ESCALA DE CALIDAD



TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS

Nombrar el defecto:  
Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

Relación Inversa:  
Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.



Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual: No se permite un uso comercial de la obra ni de las posibles obras derivadas, la distribución de las cuales se debe hacer con una licencia igual a la que regula la obra original. Proyecto de Desarrollo de Cooperativas USAID-Equal Exchange-TCHO, Versión 2017.

Figura 18. Formato de catación