



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A

NIVEL DE PREGRADO 2018



Efecto de la temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Silvia Rossana Ruíz Muñoz

ASESOR:

Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge

Tarapoto – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A

NIVEL DE PREGRADO 2018



Efecto de la temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*)

AUTOR:

Silvia Rossana Ruíz Muñoz

Sustentada y aprobada el 19 de octubre de 2019, ante el honorable jurado:

.....
Ing. Dra. Mari Luz Medina Vivanco
Presidente

.....
Ing. M. Sc. Karen Gabriela Documet Petrlik
Secretario

.....
Ing. Dr. Thony Arce Saavedra
Miembro

.....
Ing. Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Silvia Rossana Ruíz Muñoz, con DNI N° 47238331, egresado de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Efecto de la temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.)**.

Declaramos bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de nuestra autoría.
2. Hemos respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicio de plagio (al no citar la información de sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.

Tarapoto, 19 de octubre de 2019.


.....
Silvia Rossana Ruíz Muñoz
DNI N° 70001785



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Ruiz Muñoz Silvia Rossana			
Código de alumno :	70001785	Teléfono:	997605869	
Correo electrónico :	silvia.ruiz9595@gmail.com		DNI:	70001785

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

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Agroindustrial
Escuela Profesional de:	Ingeniería Agroindustrial

3. Tipo de trabajo de investigación

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

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Efecto de la Temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

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

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

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

6. Originalidad del archivo digital.

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

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

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

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

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

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

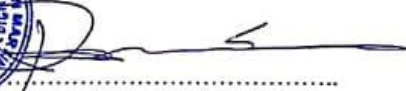

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

20, 11, 2019




.....
Firma del Responsable de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

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

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

Dedicatoria

A Dios,

Por concederme la vida, por darme salud y permitirme llegar hasta aquí para poder lograr mis objetivos, además de su infinito amor y bondad.

A mi padre,

Víctor Hugo, que, con su ejemplo de perseverancia y constancia, me ha impulsado a superarme cada día; por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi madre,

Silvia Rocío, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por sus consejos y los valores inculcados en mí y, sobre todo, por su amor.

A mis hermanos,

José Raúl y Hugo Gabriel, por su cariño y por estar dispuestos a apoyarme en lo que necesite.

Silvia.

Agradecimiento

Mi profunda gratitud hacia mi Dios, por ser mi fortaleza en momentos de dificultad y debilidad, por su protección e infinito amor.

A mis padres, quienes me han apoyado tanto emocional y económicamente durante todo el proceso de esta investigación, gracias porque con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir una meta más en mi vida.

A todo el personal de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda., en especial al Gerente General Ing. Carlos Angulo González, por haberme brindado todas las facilidades y la confianza necesaria para poder realizar la investigación en las instalaciones de la cooperativa. Y a David Santos, colaborador en la cooperativa, por todo su apoyo brindado durante la ejecución del proyecto.

A la Sra. Marianne Seehase, por haberme facilitado el uso del laboratorio de control de calidad del cacao, de la ONG CAPIRONA- Investigación y Desarrollo.

Al Ing. Aldo Reyes Amasifuén Vásquez, por su apoyo en el análisis físico y sensorial de los granos utilizados para la ejecución de este proyecto.

A todo el panel de catadores, que, gracias a su amplia experiencia en el rubro, nos ha permitido obtener los resultados de las muestras.

Al Ing. Rafael Vela, por su apoyo brindado para el análisis estadístico del presente estudio.

Al Ing. Darwin Gil, por su apoyo en la ejecución en este proyecto de investigación.

Al Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge, por su asesoramiento en la ejecución y orientación en este estudio.

Índice general

Introducción	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1. Bases teóricas	3
1.1.1. El cacao	3
1.1.2. Beneficio del cacao	4
1.1.3. Calidad del grano	8
1.1.4. Factores que afectan la calidad del grano	10
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1. Lugar de ejecución	12
2.2. Materia prima	12
2.3. Materiales y equipos	12
2.3.1. Materiales de campo	12
2.3.2. Material de laboratorio	12
2.3.3. Reactivos	12
2.3.4. Equipos de proceso	12
2.4. Metodología de la investigación.....	13
2.4.1. Evaluación de la influencia de la temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao	13
2.4.2. Evaluación del volumen de masa de granos de cacao y tipo de cajón de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao	14
2.4.3. Diseño experimental	14
2.4.4. Descripción de los procesos experimentales	14
2.4.5. Evaluación física de los grano fermentado y secos (Prueba de corte)	19
2.4.6. Obtención de licor o pasta de cacao	21
2.4.7. Evaluación sensorial del licor de cacao.....	23
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
3.1. Evaluación de la temperatura apropiada para obtener granos fermentados de calidad física y organoléptica	25

3.2. Evaluación del pH y acidez de la testa y cotiledón del grano de cacao fermentado de clon CCN-51 en dos volúmenes de masa sin y con aislamiento térmico.....	26
3.3. Evaluación del porcentaje de fermentación del grano de cacao seco del clon de cacao CCN-51 en dos volúmenes de masa sin y con aislamiento térmico	31
3.4. Variación de la calidad sensorial de licor de cacao al utilizar dos volúmenes de masa con y sin aislamiento térmico (500 y 150 kilogramos)	32
CONCLUSIONES	35
RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	42

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de grano seco de cacao.....	15
Figura 2. Cajones fermentadores sin aislamiento térmico. (A) Cajones de 150 Kg (B) Cajones de 500 Kg	17
Figura 3. Cajones fermentadores con aislamiento térmico. (A) Cajones de 150 Kg (B) Cajones de 500 Kg.....	17
Figura 4. Secador solar de bandejas móviles.....	18
Figura 5. Diagrama de flujo para el análisis del grano de cacao fermentado y seco.....	19
Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de grano seco de cacao	21
Figura 7. Diagrama de flujo de análisis sensorial	23
Figura 8. Acondicionamiento del ambiente para investigación. (A) Ambiente interno aislado para investigación. (B) Caja de control de temperatura.....	25
Figura 9. Termómetro digital DATTA LOGGER.....	26
Figura 10. Variación del pH del grano de cacao del clon CCN-51 durante el proceso fermentación:(A) Masa de 500 Kg sin aislamiento (B) Masa de 500 Kg con aislamiento (C) Masa de 150 Kg sin aislamiento (D) Masa de 150 Kg con aislamiento.....	27
Figura 11. Variación de la acidez del grano de cacao del clon CCN-51 durante el proceso fermentación:(A) Masa de 500 Kg sin aislamiento (B) Masa de 500 Kg con aislamiento (C) Masa de 150 Kg sin aislamiento (D) Masa de 150 Kg con aislamiento	29
Figura 12. Intensidad del perfil sensorial del clon CCN-51 aplicado a dos volúmenes de masa con y sin aislamiento (500 y 150 kilogramos).....	34

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo contribuir en la mejora del proceso de fermentación sobre la calidad del grano de cacao. La masa de granos de cacao planteadas en la investigación fue de 150 y 500 kilogramos. El tipo de cajón que se utilizó como aislamiento térmico fue el poliestireno expandido- EPS. Las almendras de cacao se recibieron de los agricultores socios de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda. y fueron fermentados en cajones de madera tornillo de dos volúmenes de masa (150 y 500 kilogramos) con aislamiento y sin aislamiento térmico durante siete días; se evaluaron parámetros químicos (pH y acidez) en la testa y el cotiledón del grano en todo el proceso de fermentación cada 12 horas. Los procesos de secado de los granos fueron de 6 días en donde al finalizar el proceso se evaluaron el porcentaje de fermentación. La evaluación sensorial del licor de cacao fermentados y secos se realizó con panelistas semi entrenados de la Región San Martín. Los resultados fueron analizados mediante el diseño completamente al azar (DCA) y la diferencia de medias con la prueba de Tuckey ($p < 0,05$). Los resultados señalan un efecto del aislamiento térmico en el porcentaje de fermentación de granos de cacao, obteniendo valores mayores para los tratamientos que tuvieron aislamiento térmico (83% para el cajón de 500 Kg y 84% para el cajón de 150 Kg). Por otro lado, el mejor tratamiento correspondió para el cajón de 150 Kg con aislamiento térmico debido a que fue el tratamiento que mayor puntaje de catación tuvo (72,2), respecto a lo demás tratamientos.

Palabras clave: cacao, temperatura, fermentación, organoléptica.

Abstract

This research work was aimed to contribute to the improvement of the fermentation process on the quality of cocoa beans. The mass of cocoa beans raised in the investigation was 150 and 500 kilograms. The type of drawer that was used as thermal insulation was expanded polystyrene - EPS. Cocoa almonds were received from the partner farmers of the Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda. And were fermented in wooden crates with two bulk dough (150 and 500 kilograms) with insulation and without thermal insulation for seven days; Chemical parameters (pH and acidity) in the testa and the cotyledon of the grain were evaluated throughout the fermentation process every 12 hours. The drying processes of the grains were of 6 days where at the end of the process the percentage of fermentation was evaluated. The sensory evaluation of fermented and dried cocoa liquor was carried out with semi-trained panelists from the San Martín Region. The results were analyzed by completely randomized design (DCA) and the difference in means with the Tuckey test ($p < 0,05$). The results indicate an effect of thermal insulation on the percentage of fermentation of cocoa beans, obtaining higher values for treatments that had thermal insulation (83% for the 500 Kg drawer and 84% for the 150 Kg drawer). On the other hand, the best treatment corresponded to the 150 kg drawer with thermal insulation because it was the treatment that had the highest cupping score (72,2), compared to the other treatments.

Keyword: cocoa, temperature, fermentation, organoleptic.



Introducción

El cacao es un alimento que ofrece numerosos beneficios, tiene propiedades nutricionales que son aprovechadas para la elaboración de diversos productos (Romero, 2016). Además, se ha convertido en el producto de mayor crecimiento en producción y acceso a los principales mercados internacionales (Manero, 2017).

El Perú cuenta con 84 737 hectáreas de cacao en total, de las cuales 37 119 hectáreas pertenecen al cacao de variedades criollo y nativo, siendo este el 44% de la producción; mientras que el cacao común que está conformado por los grupos genéticos CCN51 y el cacao del grupo Trinitario y Forastero suman un total de 47 300 hectáreas, que corresponde al 56% de la producción. Cabe señalar que, la región San Martín es la que presenta mayor área de cultivos de cacao: 28 984 hectáreas (Romero, 2016).

La fermentación es una etapa muy importante dentro del beneficiado del grano de cacao debido a que en el interior de las almendras se producen cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. Luna, Cruzillat & Bucheli (2002) afirman que en la fermentación influyen una serie de factores como la temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad para la formación de sustancias aromáticas. Además, Braudeau (1970) indica que la elevación de la temperatura ejerce un papel muy importante en el proceso de fermentación, ya que ayuda a la muerte del embrión del grano.

Debido a la creciente demanda de este alimento, y con el fin de obtener un producto de mejor calidad y alcanzar mercados mucho más exigentes en lo que a calidad se refiere; el presente trabajo de investigación, tiene como objetivo principal contribuir en la mejora del proceso de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao. Para ello se consideró como factores intervinientes en la evaluación el volumen de masa de grano fresco de cacao, y que los cajones de fermentado se encuentren bajo condiciones adecuadas como son las de “sin aislante térmico” y “con aislante térmico”.

En la investigación se tuvo como limitante, la escasa disponibilidad de equipamiento en el lugar inicial seleccionado para la investigación, que fue la Cooperativa Agraria Cacaotera ACOPAGRO Limitada, siendo necesario ubicar una nueva sede con condiciones favorables para el estudio, optándose como sede definitiva, la Cooperativa Agraria Allima Cacao Limitada, permitiendo alcanzar el dominio de validez y el alcance de los resultados en

función a los objetivos planteados en la investigación.

El presente trabajo está compuesto por tres capítulos, el primero corresponde a la revisión bibliográfica, donde se expresa la parte teórica y descriptiva sobre el grano de cacao. En el segundo capítulo la metodología a aplicar, los materiales utilizados en la investigación. El tercer capítulo encontramos los resultados y las discusiones. Finalizando se expresa las conclusiones y recomendaciones obtenidas a partir de la presente investigación.

Los objetivos establecidos para el desarrollo de esta investigación fueron los siguientes:

Objetivo General

- Contribuir en la mejora del proceso de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao.

Objetivos Específicos

- Determinar la temperatura apropiada para obtener granos fermentados de calidad física y organoléptica en el clon de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.)
- Evaluar la influencia del volumen de masa del grano de cacao del clon de cacao CCN-51 y el tipo de cajón (con aislamiento térmico, sin aislamiento térmico) sobre el pH, la acidez y el porcentaje de fermentación del grano de cacao.
- Evaluar el efecto del volumen de masa del grano de cacao del clon CCN-51 y el tipo de cajón (con aislamiento térmico, sin aislamiento térmico) sobre la calidad sensorial del licor de cacao.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Bases teóricas

1.1.1 El cacao

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie originaria de América del Sur, perteneciente a la familia Esterculiáceae. La planta alcanza una altura de 3 a 6 metros (Cerrón, 2012).

Theobroma significa “alimento de los dioses”, con este nombre científico no es sorprendente que el cacao sea uno de los alimentos que actualmente se consumen en mayor cantidad. La planta tiene sus orígenes hace miles de años. Su descubrimiento se remonta a las primeras exploraciones de América, extendiéndose posteriormente por todo Europa en el siglo XVII a medida que se le añadía saborizantes y edulcorantes (Canessa, 2015).

Originalmente la corte real del imperio Maya utilizaba el cacao como una bebida amarga, la producción de cacao se ha convertido en una industria internacional. Actualmente, el cacao se cultiva principalmente en África occidental, y su procesamiento se realiza en los Países Bajos y Estados Unidos. El consumo del cacao es casi en todos los países alrededor del mundo (Canessa, 2015).

1.1.1.1. Taxonomía

El nombre científico del cacao es *Theobroma cacao* L., el cual pertenece a la clase Dicotiledónea, orden Malvales, familia Sterculaceae, género *Theobroma* y especie cacao. Por ser cauliflora produce sus frutos en el tallo y ramas (Vergara, 2006).

1.1.1.2 Variedades del cacao

Romero (2016) clasifica el cacao desde el punto de vista botánico, en:

a. Criollo: Son árboles débiles, de crecimiento lento, rendimiento bajo y más propenso a contraer enfermedades y plagas que otras variedades. Sin embargo, su fruto es dulce y produce un chocolate de mejor calidad y menor amargor. Posee un intenso aroma y sabor suave esto hace que sea un cacao exclusivo y demandado en los mercados más exigentes del mundo.

Representa entre el 5% al 8% de la producción mundial, como es un cultivo muy difícil y propenso a plagas, ha influido en la propagación limitada e incluso en la reducción de sus áreas de cultivo.

b. Forastero: Este tipo de cacao, en base a la cata es amargo y fuerte, ligeramente ácido; con mucho tanino y astringencia. Tiene un aroma muy fuerte, pero no diversidad de sabores. Sin embargo, posee un excelente rendimiento, cosecha prematura, árbol robusto y resistente a las enfermedades. Esta variedad es utilizada para la elaboración de chocolates considerados como “corrientes” ya que generalmente poseen un sabor amargo y no tienen exquisitez en cuanto a su aroma.

c. Trinitario: Esta variedad es más aromático que el forastero y más resistente que el Criollo. Representa entre el 10% al 15% de la producción mundial.

Entre las variedades se puede clasificar un promedio de 50 tipos entre las que sobresalen las variedades Guayaquil, Lagarto, Sánchez, entre otras. Una de las variedades importantes es el CCN-51, denominado así por Colección Castro Naranjal (obtenido en Naranjal, provincia de Guayas en Ecuador, 1965, por el agrónomo Homero Castro Zurita) y 51 al número de cruces realizados para obtener la variedad deseada. Este cacao debido a su alto rendimiento por hectárea es muy popular entre los agricultores. Es auto compatible porque no necesita de polinización cruzada para su fructificación; es resistente a plagas y enfermedades; se adapta a diferentes zonas tropicales; y tiene porcentaje de grasa alto (54%) haciéndolo muy solicitado en las industrias. Sin embargo, al poseer un sabor ácido y astringente, no cuenta con las características del cacao fino de aroma.

1.1.2. Beneficio del cacao

El beneficio del cacao es el proceso que se efectúa al grano para que se obtenga las condiciones necesarias tanto físicas, químicas y sensoriales que demanda los mercados y el consumidor final. Además de lograr una mejor calidad de la materia prima (Cubillos et al, 2008; Coronado, 2009).

Es de suma importancia realizar adecuadamente la selección de las mazorcas, un correcto proceso de fermentación, secado, limpieza y finalmente una buena clasificación del grano. Cada una de estas prácticas asegura la aceptación en los mercados y un precio

más alto para el producto (Mendoza, 2013).

1.1.2.1 Quiebre

De los frutos únicamente maduros, se realiza el quiebre que consiste en partir las mazorcas para la extracción del grano. Este procedimiento se hace con un machete corto y sin filo tratando de no afectar los granos para asegurar su calidad. Además, aquí se elimina los granos defectuosos, enfermos o podridos (Mendoza, 2013).

1.1.2.2 Extracción del grano

Abrir y extraer los granos de la mazorca se debe realizar de preferencia en la misma plantación, ya que la cáscara sirve de refugio para los insectos polinizadores, además constituyen una fuente natural de materia orgánica y minerales al suelo.

La extracción de los granos se realiza con los dedos o con una cuchara de madera o hueso (costilla de ganado). En este proceso se elimina la placenta. Cualquier residuo de la cáscara y los granos dañados por enfermedades que afectan la calidad del producto (Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, 1993).

1.1.2.3. Fermentación

Según Contreras et al. (2002) en el beneficiado del grano de cacao, la fermentación es una etapa muy importante ya que en el interior de las almendras se producen los cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor del chocolate.

Portillo et al. (2006) mencionan que durante el proceso de fermentación se lleva a cabo dos etapas diferentes no independientes. La primera fermentación microbiana que ayuda a la eliminación del mucílago que tienen los granos; y la segunda etapa son las reacciones bioquímicas en los cotiledones que conllevan a la modificación de la composición química de las almendras y a la formación de los compuestos precursores del aroma.

Braudeau (1970) indica que la elevación de la temperatura ejerce un papel muy importante en el proceso de fermentación, ya que ayuda a la muerte del embrión del grano. Por otra parte, Luna et al. (2002) afirman que en la fermentación influyen una serie de factores como la temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad para la formación de

sustancias aromáticas.

a. El proceso de fermentado

Los granos de cacao en baba se emplazan en cajones de madera, dejándolos reposar entre 5 a 7 días aproximadamente. Pasada las 48 horas se debe realizar el primer volteo de la masa de granos, los posteriores volteos se realizan cada 24 horas para el desarrollo de las reacciones bioquímicas que ocurren en el interior de las almendras que originarán a los precursores del aroma y sabor (Caballero et al., 2014).

La remoción de la masa de granos permite el ingreso de oxígeno, las condiciones generadas por esto, ayuda a la acción de las bacterias que degradan el etanol producido por las levaduras. Todos estos cambios bioquímicos originan que la temperatura de la masa de granos aumente (Caballero et al., 2014).

Estudios realizados por Caballero et al. (2014) del proceso de fermentación bajo techo, se observaron que, durante los siete días de fermentación, hubo una variación de la temperatura dentro del fermentador que oscilaba entre 32,1°C y 40,6°C, con variaciones de la temperatura ambiente de 25,0 a 33,5 °C.

En el proceso de fermentación, la temperatura juega un papel muy importante, ya que con los ácidos generados dentro de las almendras producen la muerte del embrión, el cual conlleva a la formación de compuestos aromáticos dentro de las almendras en el proceso de secado. (Ortiz et al., 2009). Por otro lado, López y McDonald (1983) afirman que cuando ocurre un proceso de sobre fermentación de los granos de cacao, los cotiledones absorben en grandes cantidades el ácido acético produciendo granos con sabores muy astringentes y acidez elevada.

b. Cambios en el pH y la acidez

El pH del cotiledón del grano de cacao disminuye al finalizar el proceso de fermentación. Esto es porque los ácidos generados por las bacterias que se dispersan dentro del grano, provocan la disminución del pH (Portillo *et al.*, 2006).

Finalizado el proceso de fermentación, el pH de la testa aumenta y el pH del cotiledón

baja. A consecuencia de esto, junto con el aumento de la temperatura, el embrión muere (Caballero et al. 2014). Asimismo, el pH, al ser un parámetro clave para el desarrollo de las enzimas al interior del grano, afecta a la formación de los precursores del sabor (Schwan y Wheals, 2004).

Para Armijos (2002) los granos de cacao bien fermentados deben tener un pH que oscile entre 5,1 a 5,7 y si este menor a 5,0 significa que existen ácidos volátiles indeseables que darán aromas desagradables al chocolate, esto ocurre en fermentaciones incompletas.

El tipo de microflora existente durante el proceso de fermentación y la cantidad de granos que se va a fermentar son factores que afectan los cambios de la acidez del cotiledón y la testa de las almendras (Jiménez, 2000).

López y McDonald (1983) afirman que en un proceso de fermentación muy largo se obtienen granos de cacao con acidez y astringencia elevados debido a las grandes cantidades de ácido acético absorbido por los cotiledones. Por otra parte, Schwan y Wheals (2004) mencionan que cuando los granos de cacao han tenido una fermentación incompleta, los cotiledones son de color violeta y poseen un sabor muy astringente debido a la expansión del ácido acético a los cotiledones.

c. Cambios en los sólidos solubles totales (° Brix)

En el proceso de fermentación, el contenido de sólidos solubles de la testa del grano disminuye debido a la degradación de los azúcares (glucosa, fructuosa) por las bacterias, una vez muerto el embrión (Hashim *et al.*, 1998).

Sin embargo, los sólidos solubles totales aumentan en el cotiledón debido a los ácidos orgánicos presentes, éstos son producidos por las bacterias acéticas que ayudan a la muerte del embrión (Beckett, 2008).

1.1.2.4. Secado

Una vez finalizado el proceso de fermentación, se debe secar el grano, esto para reducir el contenido de humedad al 7% y para permitir que algunas de las reacciones bioquímicas continúen ya que finalmente producirán los compuestos precursores del sabor. Tanto el secado como una buena fermentación son muy importantes. Los granos

secos deben tener una humedad no mayor al 8% ya que estarán propensos a enmohecerse, tampoco por debajo del 6%, ya que se vuelven frágiles y quebradizos (Cubillos *et al*, 2008).

1.1.2.5. Selección del grano

Este proceso se realiza con la finalidad de obtener granos de acuerdo a la calidad que demanda el mercado. Para la selección de granos se utiliza una zaranda que ayude a la eliminación de impurezas, tierra, granos picados, quebrados, pequeños y mohosos. Realizar este proceso de manera eficiente nos permitirá obtener granos de alta calidad, limpios y de buen tamaño (Mendoza, 2013).

1.1.2.6. Almacenamiento

Existen muchos problemas en el almacenamiento de los granos de cacao. Normalmente, las bodegas a disposición no son seguras ni adecuadas, y si el secado del grano no se ha realizado correctamente, corren el riesgo de enmohecerse e infectarse de insectos. Generalmente el tiempo de almacenamiento del cacao sin que su calidad se vea afectada es de 2 a 3 meses. Es preferible la comercialización de los granos una vez empacados (Cubillos *et al*, 2008).

1.1.3. Calidad del grano

El objetivo de la calidad del grano de cacao es asegurar las cualidades físicas y sensoriales, garantizar la trazabilidad en todo el proceso industrial que va desde el acopio hasta el consumidor final. El control de la calidad de grano en el Perú está regulado por las Normas Técnicas Peruanas, avaladas por el Comité Técnico de Normalización de Cacao y Chocolates, las cuales son instrumentos elementales para el incremento de la competitividad tanto de las organizaciones como de las empresas (APPCACAO, 2012).

1.1.3.1. Calidad física del grano

Según Moreira (1994) la calidad física del grano está en la apariencia externa del grano, y no en el buen aroma y sabor a chocolate. Por su parte, Enríquez (1995) se refiere a la calidad relacionándolo con el puntaje que dan los países productores y compradores de chocolate a los granos de cacao por su apariencia, humedad, grado de fermentación,

mohos, materiales extraños, etc. Moreira (1994) señala que es requisito que el peso de los granos de cacao debe ser como mínimo 1.2 g cada uno. Por otro lado, Quiroz (1990) menciona que el peso de los granos está influenciado por el medio ambiente y el gen progenitor, es por esto que, en temporadas de verano, los granos alcanzan un peso más alto.

El contenido de testa varía desde 6 hasta 16% dependiendo del genotipo del grano, además tiene una estrecha relación inversamente proporcional con su tamaño (Alvarado y Bullard, 1961).

Pinto y Álvarez (2001) afirman que la prueba de corte es mundialmente utilizada para determinar el porcentaje de fermentación del cacao. Por otro lado, Moreno y Sánchez (1989) señalan que la prueba de corte no se debe realizar pasado los treinta días de haber realizado el secado, ya que las almendras tienden a oxidarse.

1.1.3.2. Calidad organoléptica del grano

Las características organolépticas (sabor y aroma) son requisitos fundamentales para la calificación del cacao para exportación; atributos como el amargor y la astringencia que son propios en los granos de cacao son esenciales para la elaboración de chocolates finos (Armijos, 2002).

Graziani (2003) manifiesta que para que un cacao sea calificado de primera calidad es fundamental que desarrolle el aroma y el sabor “arriba”. Esto sucede cuando los granos de cacao fermentados y secados correctamente, son tostados.

Moreira (1994) señala que para que los granos de cacao sean requeridos por las industrias para elaborar un producto de buena calidad, debe reunir ciertas cualidades organolépticas como la capacidad de desarrollar un buen aroma del chocolate y estar exento de sabores similares al humo, moho y acidez excesiva.

Romero (2004) indica que los productores de chocolates efectúan complejas pruebas para evaluar las características organolépticas del grano de cacao. En cacaos finos de aroma, se intenta encontrar suaves matices de sabor y en los cacaos comunes se cuida de que no tengan sabores extraños. Los peores defectos que pueden encontrarse en los licores de cacao son el olor a jamón ahumado que es originado por una sobre fermentación de

los granos y el sabor a humo que generalmente son originados por el secado artificial.

Para el productor, la prueba más confiable para evaluar si se puede aprovechar un determinado cacao para la elaboración de sus productos es mediante la evaluación sensorial. Con esta prueba se puede analizar, medir e interpretar las reacciones de los alimentos, los cuales se pueden percibir por los sentidos del olfato, gusto y vista (Jiménez, 2003).

1.1.4. Factores que afectan la calidad del grano

1.1.4.1. Genética

La variación de la genética influye en gran medida en las características del grano de cacao, en el color, el sabor, en el tamaño del grano y en el aroma que pueda liberar en el tostado (Braudeau, 1970).

Cada determinado grupo genético de cacao presenta propiedades organolépticas muy características (Moreyra, 1994).

1.1.4.2. Ambiente

Durante el desarrollo de la mazorca, algunas características de los granos de cacao son afectados por el ambiente. La falta de agua y de nutrientes en el suelo disminuye el tamaño de las almendras y mazorcas (Díaz, 2013).

Según Sánchez (2007) el cacao nacional, tiene mejor sabor en épocas de lluvia, debido a que se puede desarrollar una mejor fermentación por los mayores volúmenes.

1.1.4.3. Manejo pos cosecha

El beneficio o manejo pos cosecha es un punto elemental y determinante para producir granos de buena calidad y comercializarlos correctamente. El precio del producto aumenta con un correcto beneficio, esta actividad representa entre el 15 al 20% de los costos de producción. Un correcto manejo de pos cosecha desarrolla en los granos los principios esenciales del aroma y sabor del cacao lo que es determinante en la calidad del producto final (FUNDACITE, 2008).

El beneficio del cacao es un conjunto de prácticas que están relacionados con la modificación biológica que sufren los granos después de ser cosechados. El beneficio engloba la cosecha, fermentación, secado y almacenamiento (INTECO, 2009).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda., ubicado en el centro poblado Banda de Chazuta, comprensión del distrito de Chazuta, provincia y departamento de San Martín – Perú; las evaluaciones de análisis físico y sensorial se realizaron en el laboratorio de Control de Calidad de la ONG “CAPIRONA- Investigación y Desarrollo”, ubicado en el Jr. Manuela Morey N° 245, en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín.

2.2. Materia prima

Constituyeron los granos frescos de cacao provenientes de los socios agricultores de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda. del distrito de Chazuta; la materia prima fue el clon de cacao CCN51.

2.3. Materiales y Equipos

2.3.1. Materiales de campo

Costal de polipropileno, saco de yute, navaja, plumón indeleble, libreta de apuntes, termómetro digital, cámara fotográfica, tecnopor, triplay.

2.3.2. Materiales de laboratorio

Pipetas, embudos, vasos de precipitación de 100 ml, buretras, matraz erlenmeyer, crisoles de porcelana, papel filtro de paso rápido, bagueta, papel toalla.

2.3.4. Reactivos

Hidróxido de sodio al 0.1 N, Fenolftaleína al 1 %.

2.3.5. Equipos de proceso

Cajones fermentadores de madera (especie tornillo) 90x90x90 cm y de 40x40x60 cm; molinillo de café de 75 g de capacidad, modelo MKM6003, marca BOSCH, potencia

180W; pH metro digital- 0.16, marca Kyntel; refractómetro, modelo HI96801, marca HANNA; balanza electrónica de 1000 g de capacidad, modelo KG090052, marca HENKEL; balanza de precisión de 2,000 gramos de capacidad; tostadora marca IMSA; conchadora. marca PREMIER, capacidad 2 Kg; higrómetro KPM, marca Aqua-Boy de 0 – 20%; navaja; secador solar de bandejas corredizas; refrigeradora.

2.4. Metodología de la investigación

2.4.1 Evaluación de la influencia de la temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao.

Consistió en dos etapas. La primera etapa fue acondicionar el ambiente para la ejecución de los tratamientos del proyecto de investigación. Se construyó un ambiente de 300x200x200cm con paredes contra placadas de material aislante a base de triplex (0,5 cm) y entre estas tecnopor (3,81 cm), piso de cemento.

Se instalaron 13 focos fluorescentes de 24 watts cada uno (12 focos a la altura de los cajones fermentadores y uno en el techo), además de dos calefactores de pie con una potencia de 1400 watts cada una. Se instaló un termostato en la parte interna para controlar la temperatura del ambiente del cuarto de fermentación, del calor generado por los focos incandescentes y de los calefactores, de la temperatura del ambiente del almacén central y el calor propio de la fermentación. Este termostato permitió monitorear las temperaturas de estudio propuestas en el trabajo de investigación.

La infraestructura construida tenía una capacidad para tres cajones de madera (especie Tornillo) de 60x120x90 cm y con una capacidad de 60 kilogramos cada uno.

Los cajones fermentadores de cacao fueron aislados en el interior con tecnopor de 2,54 cm. de espesor y sacos negros de polietileno para evitar el contacto de la masa de cacao con el tecnopor.

La segunda etapa consistió en cargar 60 Kg de granos frescos del clon de cacao CCN-51 provenientes del centro de acopio de “Chambira” en cada uno de los cajones fermentadores. Se inició el monitoreo del primer tratamiento de la temperatura de estudio, manteniendo está temperatura a 45°C en el cuarto y quinto día de fermentación, se controló con un termómetro digital DATA LOGGER de tres salidas, en donde se insertó el termómetro en la masa de cacao a unos 45 cm aproximadamente del nivel de la masa de granos de cacao (a los extremos y en el centro) y se registraron las temperaturas cada 3 horas durante las 24 horas.

2.4.2 Evaluación del volumen de masa de granos de cacao y tipo de cajón de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao

Los cajones fermentadores de cacao se aislaron externamente con poliestireno expandido (tecnopor) y planchas de tripley como aislante térmico.

Se colocaron granos de cacao fresco en volúmenes de 150 y 500 Kg en los cajones fermentadores.

La medición de la temperatura se realizó cada 12 horas con el DATA LOGGER, teniendo como ubicación de los termopares en la superficie, en el centro y en la base de la masa de cacao contenidos en los cajones fermentadores.

2.4.3. Diseño experimental

Para la primera evaluación, se consideró utilizar un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con tres repeticiones. Las comparaciones entre medias de tratamientos mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Para la segunda evaluación se utilizó un Diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2x2, con tres repeticiones.

Donde el primer factor comprende a la masa de 500 Kg y 150 Kg. y el segundo factor es el aislamiento de los cajones (con y sin aislamiento).

2.4.4. Descripción de los procesos experimentales

Materia prima

Granos de cacao del clon CCN-51 recolectados de los agricultores socios de la Cooperativa Agraria Allima Cacao Ltda.

Pesado

Se utilizó una balanza eléctrica de 300 kilogramos de capacidad de carga; luego se registraron los pesos del cacao fresco. Este momento se aprovecha para realizar la selección rápida de granos con defectos, pintones y sobre maduros, con el propósito de conservar la buena calidad del producto.

Ecurrido

Los granos de cacao pesados fueron sometidos al proceso de escurrido, para lo cual se colocaron en bolsas de mallas con capacidad de carga de 50 kilogramos y fueron colocados sobre bastidores de madera confeccionados especialmente para esta finalidad. En este proceso se desprende el jugo del cacao, momento en el cual se realizó el muestreo

para la evaluación del contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix). Luego de 18 horas de proceso, el producto pasa a la siguiente operación unitaria.

En la Figura 1 se observa el diagrama de flujo para la obtención de grano seco de cacao.

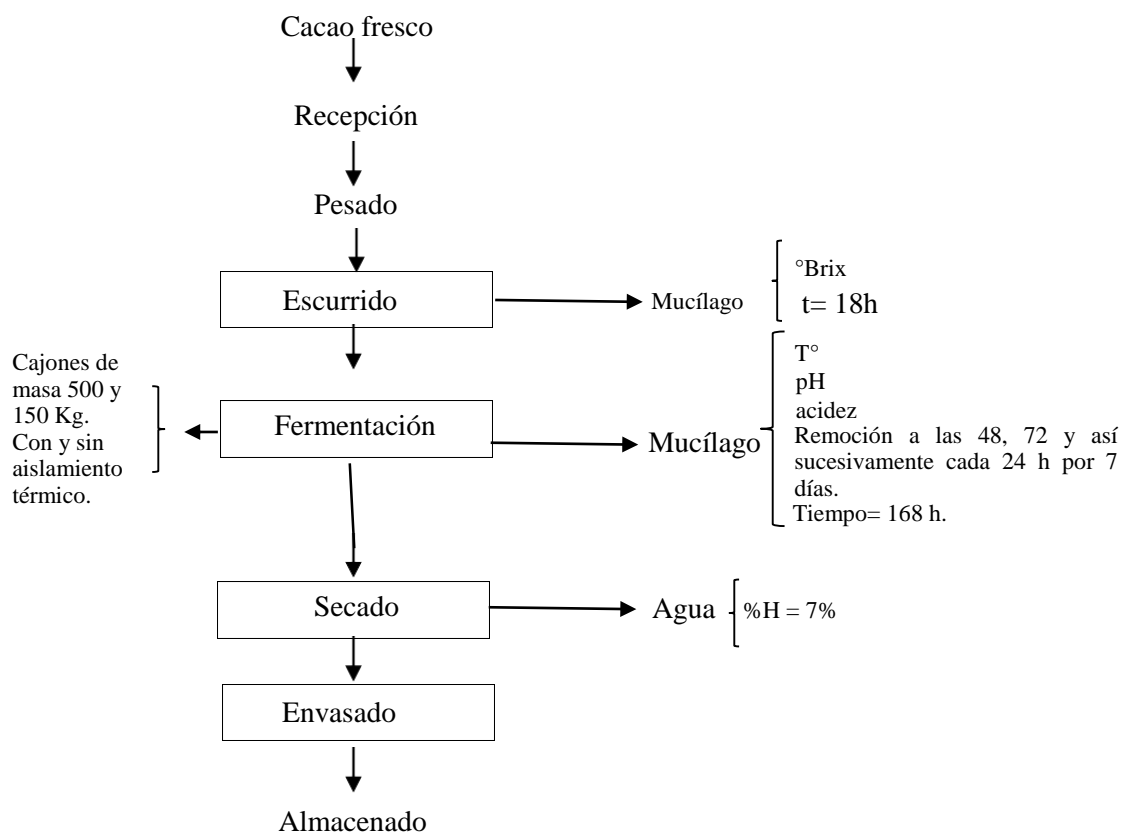


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de grano seco de cacao

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2x2, con tres repeticiones. Donde el primer factor comprende a la masa de 500 Kg y 150 Kg y el segundo factor es el aislamiento de los cajones (con y sin aislamiento). Las comparaciones entre medias de tratamientos fueron realizadas mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad

Fermentado

Se utilizó cajones fermentadores de madera de la especie “tornillo” (*Cedrelinga catenaeformis*), con las siguientes características:

- Cajón fermentador sin aislante térmico "estándar" con capacidad de carga de 500 kg de grano fresco de cacao.

- Cajón fermentador con aislante térmico "estándar" con capacidad de carga de 500 kg de grano fresco de cacao.
- Cajón fermentador con capacidad de carga de 150 kg de grano fresco de cacao.
- Cajón fermentador con aislante térmico con capacidad de carga de 150 kg de grano fresco de cacao.

El aislante térmico utilizado es el poliestireno expandido de 2 pulgadas de espesor; el cajón fermentador estándar es el equipo que de manera regular se utiliza en la cooperativa en esta operación unitaria.

El cajón fermentador estándar con capacidad de carga de 500 kilogramos, tuvo las siguientes dimensiones: 0,9m de largo x 0,9m de ancho x 0,8m de profundidad.

El cajón fermentador con capacidad de carga de 150 kilogramos tuvo las siguientes dimensiones: 0,6m de largo x 0,6m de ancho x 0,6m de profundidad.

Mediciones de la temperatura

Para realizar las mediciones de temperatura se utilizó un termómetro digital, se efectuaron los controles cada 12 horas durante el proceso hasta las 168 horas. Las mediciones fueron en tres niveles de los cajones de fermentado, los mismos que fueron acondicionados con orificios que facilitaron la medición. Los controles se hicieron en tres partes del cajón de fermentado: superior, centro y baja. Durante el fermentado se realizaron remociones de la masa de cacao de acuerdo al protocolo implementado por la cooperativa, en los siguientes periodos:

- Primera remoción: A las 48 horas de iniciado el proceso.
- Segunda remoción: A las 72 horas de iniciado el proceso.
- Tercera remoción: A las 84 horas de iniciado el proceso.
- Cuarta remoción: A las 108 horas de iniciado el proceso.
- Quinta remoción: A las 144 horas de iniciado el proceso; las remociones se realizan en aproximadamente diez minutos y consiste en traspasar la masa de cacao de un cajón a otro utilizando una paleta de madera y un recipiente auxiliar.

Como parte del protocolo del proceso de fermentado implementado por la cooperativa (método convencional), en los cajones de fermentado de 500 kg y 150 kg de capacidad de carga (Figura 2), se colocó una cubierta interna con sacos de yute, luego se incorporó la masa de cacao a fermentar en el volumen deseado, para finalmente cubrir la parte superior del producto con sacos de yute, el propósito de esta acción es concentrar calor.



Figura 2. Cajones fermentadores sin aislamiento térmico. (A) Cajones de 150 Kg (B) Cajones de 500 Kg

Por su parte, en los cajones fermentadores de 500 kg y 150 kg de capacidad de carga con aislante térmico (Figura 3), no se utilizaron las cubiertas de sacos de yute; y la parte superior de estos cajones dispusieron de una tapa previamente condicionada con aislante térmico (poliestireno expandido).



Figura 3. Cajones fermentadores con aislamiento térmico. (A) Cajones de 150 Kg (B)Cajones de 500 Kg

Medición de pH

Esta medición se realizó cada doce horas en muestras de testa y cotiledón del grano de cacao en proceso de fermentado. La testa y el cotiledón fueron separados, luego molidos y posteriormente se tomaron muestras de 5 gramos, con los cuales se preparó una solución agregando un volumen de 45 ml de agua destilada a 90 °C para cada muestra. Las muestras en dilución se homogenizaron por 3 minutos, luego se filtraron, para finalmente proceder a la lectura utilizando un pH-metro digital. En este proceso se utilizó el método

A970.21 (Ocaña, 2013).

Determinación de la acidez titulable

El método aplicado fue AOAC 942.15. La muestra utilizada de testa y cotiledón para la determinación de la acidez, es la solución obtenida en la medición del pH. Se tomó 5 ml de la muestra y se diluyó en 45 ml de agua destilada para luego agregar de 2 a 3 gotas de indicador fenolftaleína al 1%, posteriormente se tituló la muestra hasta obtener un viraje de color rosado. Se midió el gasto del hidróxido de sodio al 0,1 N que nos facilitó la determinación de la acidez titulable utilizando la Fórmula 1.

$$\% \text{ acidez} = \frac{N \text{ NaOH} * V \text{ ml NaOH} * \text{meq Ac.} * 100}{g \text{ de muestra}}$$

dónde:

N = Normalidad del Hidróxido de Sodio (0,1)

V= Volumen del Hidróxido de Sodio utilizado para la titulación (ml).

Meq Ac. = Miliequivalentes del ácido acético (0,060).

g = Gramos de la muestra.

Secado

Luego del proceso de fermentado, los granos de cacao se trasladaron al área de secado.

Para esta operación se utilizó un secador solar de bandejas móviles (Figura 4).



Figura 4. Secador solar de bandejas móviles.

Los granos de cacao ingresan a este proceso con humedad entre el 52% al 56%. El proceso

se realizó en siete días bajo condiciones normales de clima y el proceso finalizó cuando el contenido de humedad del grano alcanzó el 7% (Norma Técnica Peruana 208.040, 2017).

Almacenado

Los granos secos de cacao se almacenaron en sacos de polipropileno convenientemente codificadas según las muestras de proceso.

2.4.5. Evaluación física de los granos fermentados y secos (prueba de corte)

La evaluación de la calidad física de los granos de cacao se realizó siguiendo la secuencia de la Figura 5, utilizando el formato de la ONG “CAPIRONA- Investigación y Desarrollo”, el cual se presenta en el anexo 1.

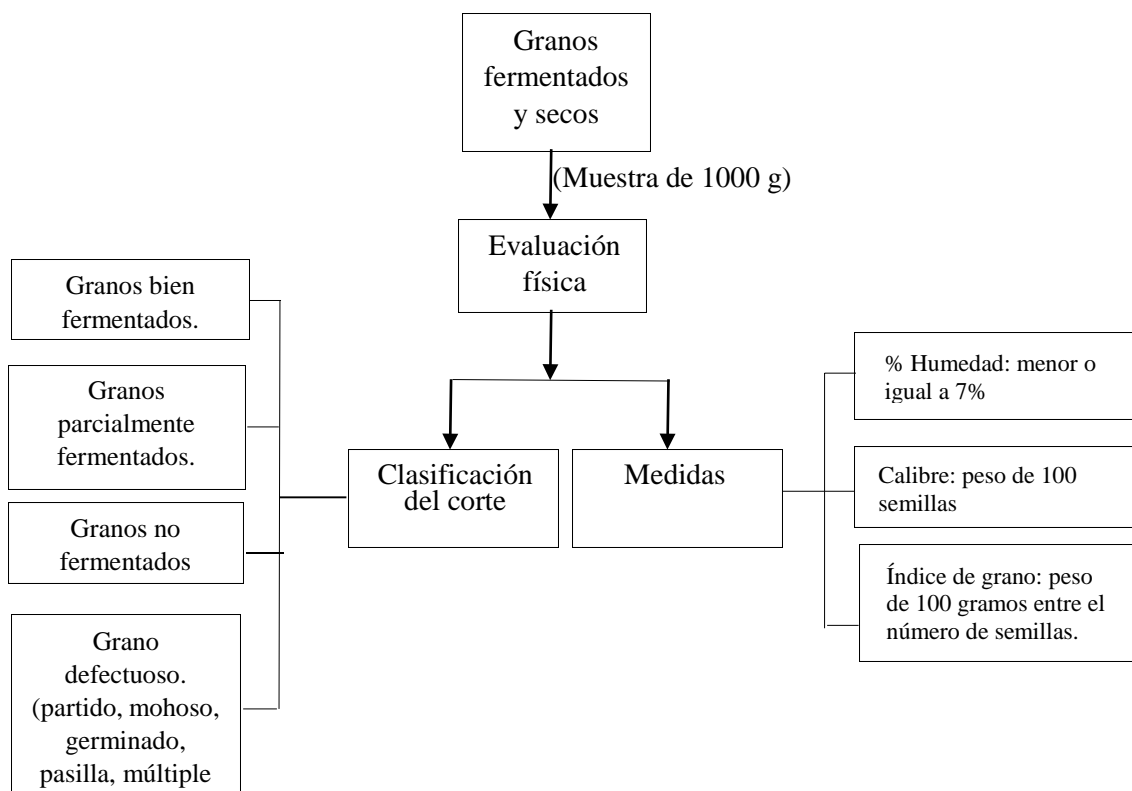


Figura 5. Diagrama de flujo para el análisis del grano de cacao seco y fermentado

Clasificación del corte

La prueba de corte se realizó con el fin de determinar el grado de fermentación en los granos de cacao. Consistió en cortar longitudinalmente 600 granos de cacao (6 repeticiones de 100 granos cada uno), con el fin de mostrar la superficie de corte de los cotiledones, luego se observó las dos mitades de cada grano a la luz diurna y bajo iluminación artificial (lámpara fluorescente), se clasificó los granos de acuerdo a lo indicado en la Figura 5.

Para determinar el porcentaje de granos bien fermentados, se descontaron los granos defectuosos y los granos no fermentados, encontrados en la prueba de corte, los cuales representan el 100%. La mitad de los granos parcialmente fermentados se consideraron como granos fermentados.

A continuación, se presenta la fórmula 2 para calcular el porcentaje de granos fermentados.

$$\% \text{ de fermentación} = 100 - (\text{no fermentados} + \text{defectos} + \frac{\text{Parcial ferment.}}{2})$$

- Porcentaje de humedad

Se utilizó un higrómetro digital. Para este proceso, los granos secos de cacao se incorporan en el recipiente colector del equipo, sin tener contacto con la mano para no alterar el contenido de humedad. Luego se cierra la tapa rosca hasta que se active la alarma, procediéndose a la lectura.

2.4.6. Obtención del licor o pasta de cacao

Luego del secado, se procedió a la obtención del licor o pasta de cacao para la evaluación sensorial. Cuyas operaciones se describe a continuación (Figura 6).

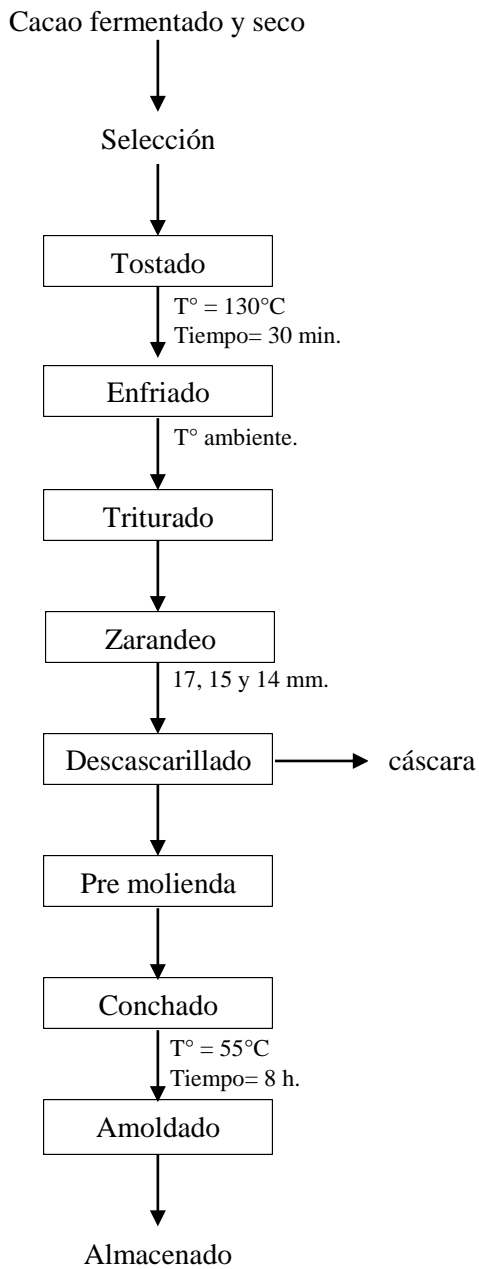


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de licor de cacao.

Se seleccionaron los granos de cacao en forma manual para obtener granos de tamaño uniforme, eliminando granos pequeños, planos, partidos e impurezas. Posteriormente, se pesaron 750 gramos de grano de cacao fermentado seco seleccionado en una balanza de precisión. Luego, inició el proceso de tostado, para ello se utilizó un horno de bandejas, la temperatura de tostado fue de 130°C durante 30 minutos. Los granos tostados fueron enfriados a temperatura ambiente sobre una mesa de acero inoxidable. Para el triturado, se utilizó un molino de discos, accionado en forma manual; esta operación permite obtener nibs y facilita la eliminación de la cascarilla. El zarandeo tiene como finalidad separar los nibs por tamaños, al mismo tiempo eliminar parte de la cascarilla de cacao. Se utilizaron tres zarandas de las siguientes medidas: 14 mm, 15 mm y 17 mm. El proceso de descascarillado tiene como finalidad separar los nibs de cacao de la cascarilla residual, permitiendo obtener nibs de cacao libres de cascarillas. El equipo utilizado dispone de un ventilador para el desarrollo de la operación. Luego pasó al proceso de pre- molienda, para ello se utilizó el molino aplicado para la operación de triturado con la diferencia que el disco se regula para obtener una masa grosera de cacao. En el conchado se utilizó un molino de rodillos; el periodo de trabajo fue de 8 horas aproximadamente, permitiendo obtener el licor o pasta de cacao con granulometría entre 18 y 23 μm . Finalmente, el licor o pasta de cacao obtenido, se colocó en moldes y se refrigeró durante 12 horas. Posteriormente se colocaron en bolsas de polietileno de alta densidad, se etiquetaron y se refrigeraron hasta el momento de realizar las evaluaciones sensoriales.

2.4.7. Evaluación sensorial del licor de cacao

Para la evaluación sensorial se contó con panelistas semi entrenados para evaluar las categorías como: aroma, acidez, amargor, astringencia, defectos, sabores y pos gusto, utilizando escala hedónica de intensidad cuyo propósito es detallar el perfil de la muestra; las escalas de medición que son de 0 a 5, tienen las siguientes cualidades:

0 = ausente.

1 = apenas detectable

2 = presente

3 = caracteriza la muestra

4 = dominante

5 = extremo.

Por su parte, la escala hedónica de calidad, que fue desarrollada siguiendo la

metodología de Bradeau (1970), que tiene como propósito determinar el potencial de la muestra, presenta las escalas de medición que son de 0 a 10, tienen las siguientes cualidades:

0 = ausente.

De 1 a 3 = malo.

De 4 a 6 = regular.

De 7 a 9 = bueno.

10 = excelente.

La evaluación sensorial del licor de cacao (cuyo formato se presenta en el anexo 2), se realizó de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura 7.

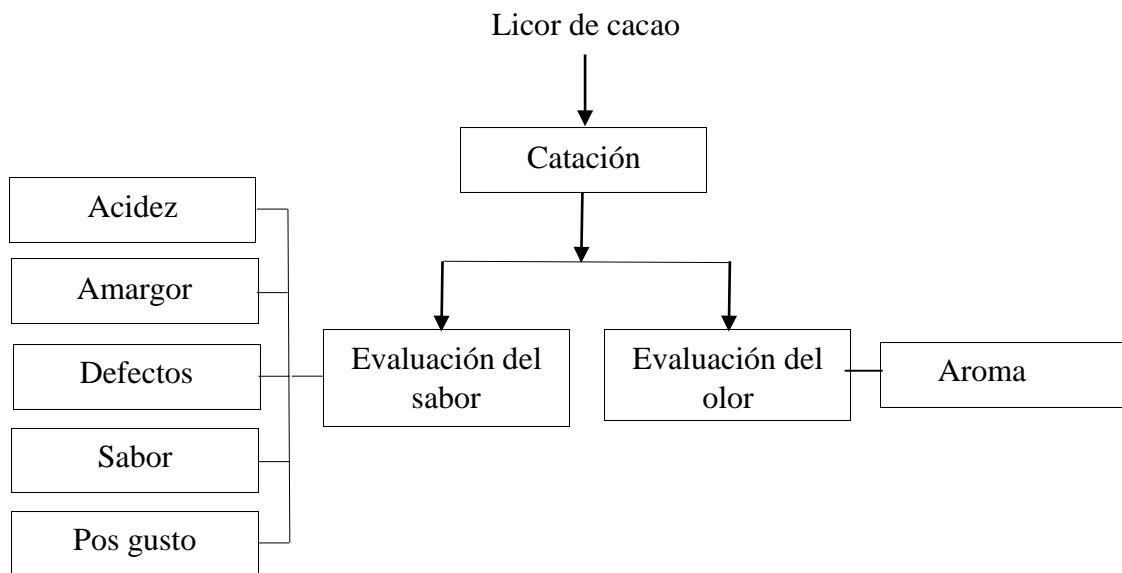


Figura 7. Diagrama de flujo de análisis sensorial

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la temperatura apropiada para obtener granos fermentados de calidad física y organoléptica

En la figura 8 se muestra el ambiente y los cajones acondicionados para la ejecución de los tratamientos.



(A)

(B)

Figura 8. Acondicionamiento del ambiente para investigación. (A) Ambiente interno aislado para investigación. (B) Caja de control de temperatura.

Después de cargar los cajones con los granos de cacao frescos se inició el monitoreo del primer tratamiento (45°C) en el cuarto y quinto día de fermentación. En la figura 9 se puede apreciar el monitoreo de la temperatura los cajones fermentadores con el termómetro digital DATA LOGGER en las tres salidas indicadas.

Se pudo observar que al cuarto y quinto día se conseguía mantener la temperatura de 45°C (Ver anexo 3). Sin embargo, los otros tratamientos de temperaturas propuestas presentaron oscilaciones altas en el trabajo de investigación a pesar que el ambiente y los cajones de fermentación estaban aisladas. Los volúmenes de masa de granos de cacao (60 kilogramos) no ayudaban a mantener la temperatura propuesta; por tanto, se consideraron trabajar con masas de cacao de mayor volumen. En consecuencia, no se logró estabilizar la temperatura apropiada para obtener granos fermentados de calidad física y organoléptica.



Figura 9. Termómetro digital DATTA LOGGER.

3.2. Evaluación del pH y acidez de la testa y cotiledón del grano de cacao fermentado de clon CCN-51 en dos volúmenes de masa sin y con aislamiento térmico

En la Figura 10 se observa la variación del pH de la testa y del cotiledón de los granos de cacao del clon CCN-51 durante las 168 horas de fermentación de los cajones de dos volúmenes de masa (500 y 150 Kg) sin y con aislamiento en función de la temperatura de la masa del cacao. Se adjunta registro de datos en Anexo 4 y 5.

El pH de los cotiledones de los granos de cacao para todos los tratamientos, presentaron una disminución a lo largo del proceso de fermentación, esto es consecuencia a que los ácidos producidos por las bacterias se difunden en el interior del grano (Portillo, et al., 2006; Burga, 2014). Además, al inicio del proceso se observa un ligero aumento en el pH de la testa, esto es causado por la pérdida de ácido cítrico debido al drenaje de los jugos y por el metabolismo microbiano (Recalde 2007). Además, esto favorece el crecimiento de las levaduras y luego, el desarrollo de las bacterias lácticas y acéticas (Jiménez, 2000).

La curva de pH de la testa y del cotiledón en los cajones con capacidad de 500 Kg y 150 Kg, sin aislamiento térmico (A y C) tienen comportamiento similar. En ambos casos, el pH de la testa y el cotiledón se intersecaron a las 84 horas del proceso a 3,94 y 3,78 respectivamente, con una temperatura de fermentación que oscila alrededor de 45 °C. Esto puede ser debido a las enzimas que entran en contacto con los polifenoles y proteínas del grano de cacao, iniciándose las reacciones hidrolíticas dando lugar a cambios en los pigmentos cianidinglucósidos, originando la formación de los precursores del sabor a chocolate (Reyes, et al., 2000). En cambio, para los cajones con capacidad de 500 y 150 Kg,

con aislamiento térmico (B y D) la intersección del pH de la testa y del cotiledón se dio a las 60 horas con 3,66 y a las 48 horas con 3,73 respectivamente a una temperatura de 42°C aproximadamente. El tiempo es un factor importante dentro del proceso de fermentación que es determinante para tener buenos resultados en este proceso; cuanto más rápido ocurre la muerte del embrión; más rápido se inician las reacciones enzimáticas que producen las transformaciones bioquímicas para la formación de precursores del sabor. Con todo este proceso, concluimos que la muerte del embrión fue más rápida para los cajones con aislamiento térmico que para los cajones sin aislamiento térmico.

Tabla 1
pH de la testa y cotiledón del grano de cacao CCN-51

Análisis químico	Masa de 500 Kg		Masa de 150 Kg	
	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento
pH testa	3.85 ± 0.06 Aa	3.58 ± 0.14 Ab	3.68 ± 0.05 Aa	3.58 ± 0.03 Ab
pH cotiledón	3.94 ± 0.09 Ab	3.66 ± 0.10 Aa	3.78 ± 0.04 Ab	3.73 ± 0.1 Aa

Letras diferentes en mayúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la masa del cajón por el test de Tukey. Letras diferentes en minúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tipo de aislamiento del cajón por el test de Tukey.

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos del pH de la testa y del grano de cacao. Observamos que para el pH de la testa y del cotiledón no existe diferencia significativa al evaluar el factor masa; sin embargo, existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor aislamiento en ambos pH; es decir, hubo efecto del aislamiento térmico sobre el pH de la testa y cotiledón del grano de cacao.

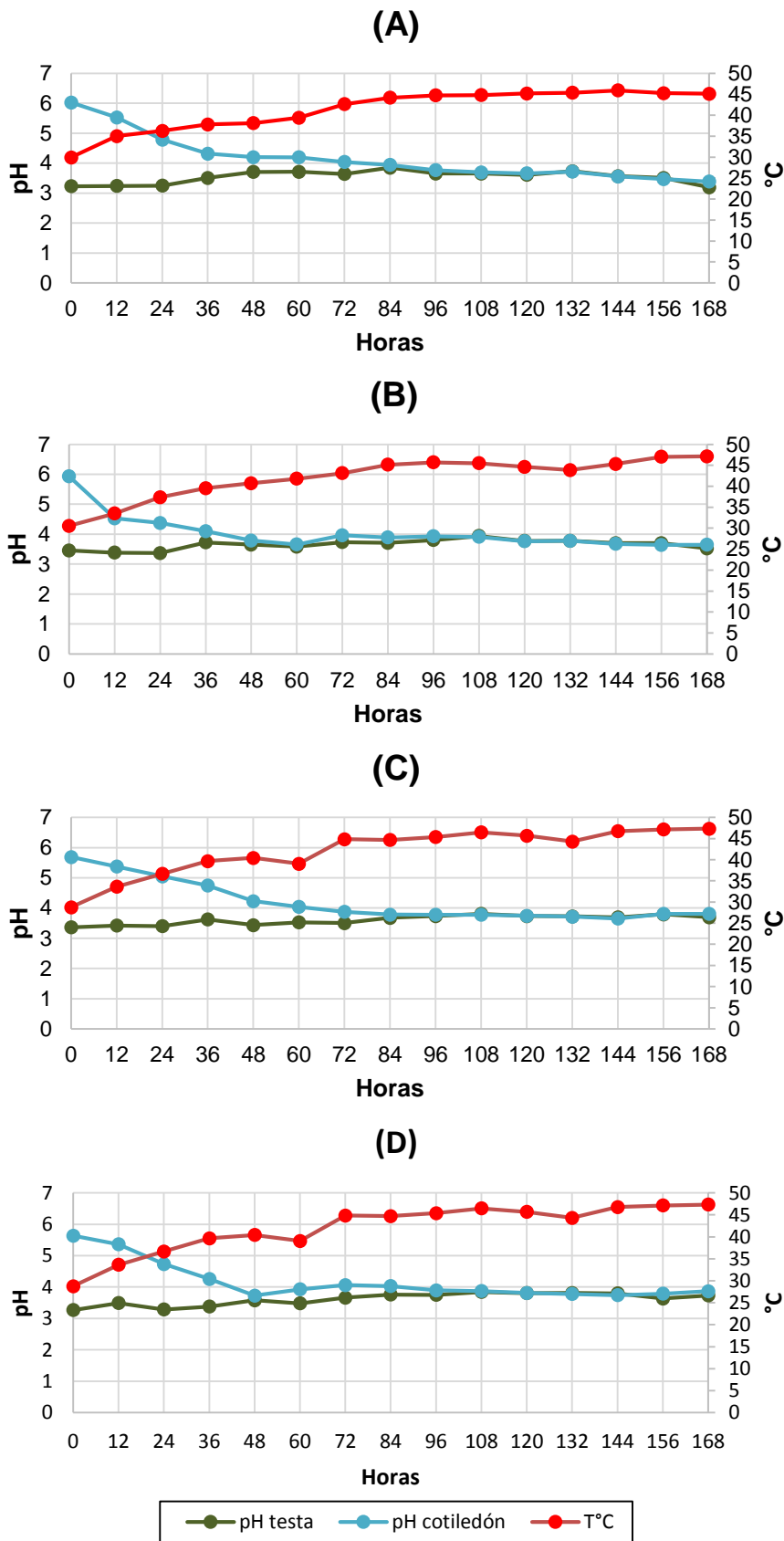


Figura 10. Variación del pH del grano de cacao del clon CCN-51 durante el proceso fermentación: (A) Masa de 500 Kg sin aislamiento (B) Masa de 500 Kg con aislamiento (C) Masa de 150 Kg sin aislamiento (D) Masa de 150 Kg con aislamiento.

En la Figura 11 se presenta la variación de la acidez de la testa y del cotiledón de los granos de cacao del clon CCN-51 durante las 168 horas de fermentación del cajón de dos volúmenes de masa (500 y 150 Kg) sin y con aislamiento en función de la temperatura. Se adjunta registro de datos en Anexo 6 y 7.

En cuanto a la acidez, observamos que desde el inicio de la fermentación se incrementa con el tiempo; esto se debe a que los microorganismos que actúan en el proceso producen ácidos orgánicos. Según Rivera (2012), la testa del grano de cacao se permeabiliza, dejando pasar sustancias como el etanol, ácido acético, entre otros hacia el cotiledón, a consecuencia de esto, la acidez aumenta.

La figura 11, muestra que los parámetros para la masa de 500 kg difieren con la masa de 150 Kg. Esta diferencia encontrada es debido a la influencia de la masa durante el proceso de fermentación ya que los resultados obtenidos mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) al evaluar el factor masa (Tabla 2), es decir, cuanto mayor sea la masa de granos de cacao que se fermenta, mayor será la acidez de la testa. Este resultado son corroborados con Jiménez (2000), que afirma que la cantidad de grano que se va a fermentar son factores que afectan los cambios de la acidez del cotiledón y la testa de las almendras. Por otro lado, esta diferencia también puede ser debido a que el proceso de fermentación de los cajones de 500 Kg y 150 Kg se realizaron en épocas diferentes del año.

Tabla 2

Porcentaje de acidez de la testa y cotiledón del grano de cacao CCN-51

Análisis químico	Masa de 500 Kg		Masa de 150 Kg	
	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento
%ac testa	0.28 ± 0.02 Ba	0.19 ± 0.01 Bb	1.66 ± 0.01 Aa	1.55 ± 0.01 Ab
%ac cotiledón	0.16 ± 0.01 Ba	0.17 ± 0.01 Ba	1.30 ± 0.01 Aa	1.13 ± 0.02 Ab

Letras diferentes en mayúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la masa del cajón por el test de Tukey. Letras diferentes en minúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tipo de aislamiento del cajón por el test de Tukey.

Además, la tabla 2 muestra que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el % de acidez en la testa y cotiledón al evaluar el factor aislamiento, es decir hubo efecto del aislamiento térmico sobre el porcentaje de acidez del grano de cacao.

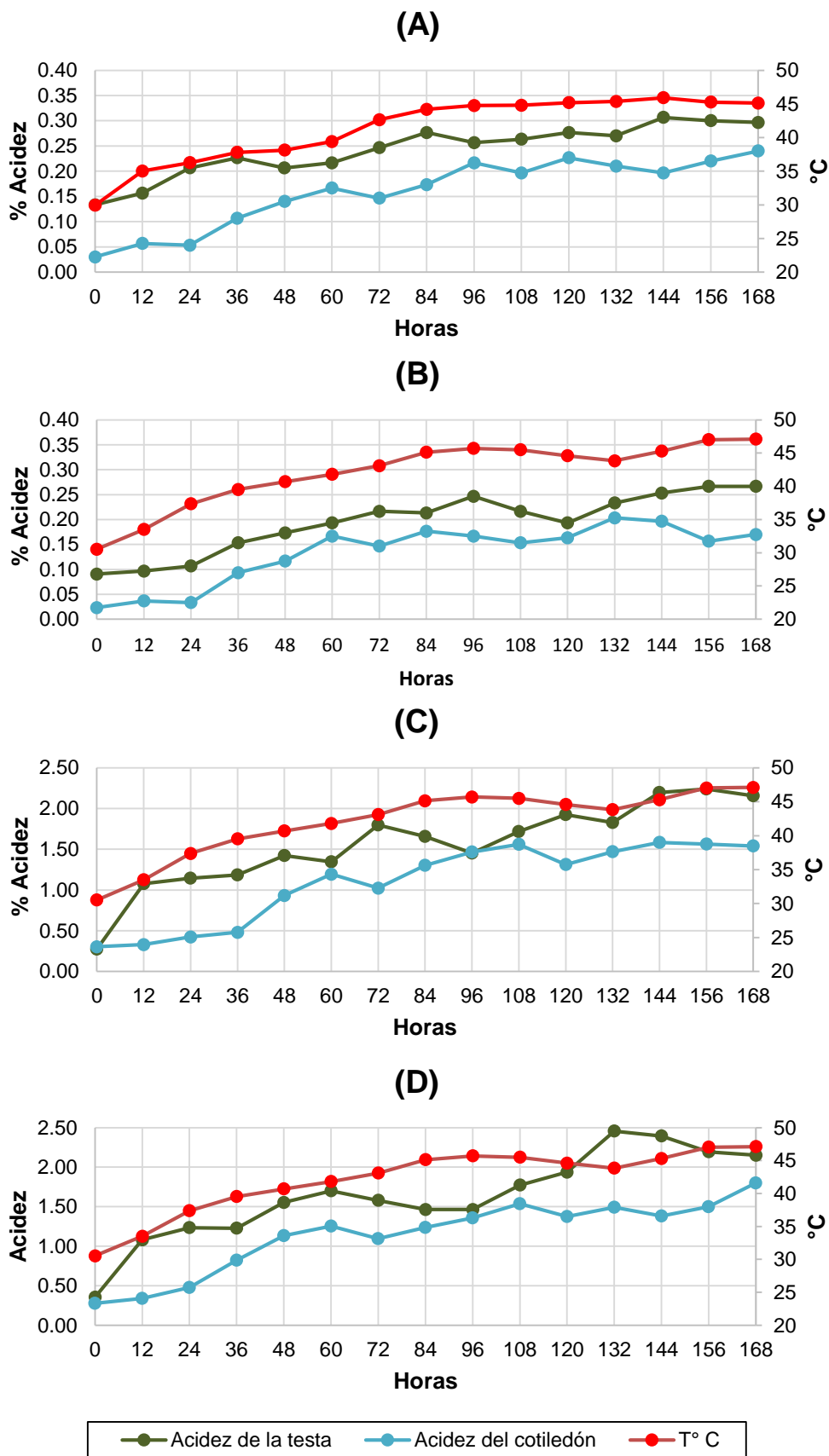


Figura 11. Variación de la acidez del grano de cacao del clon CCN-51 durante el proceso de fermentación. (A) Masa de 500 Kg sin aislamiento (B) Masa de 500 Kg con aislamiento (C) Masa de 150 Kg sin aislamiento (D) Masa de 150 Kg con aislamiento.

3.3 Evaluación del porcentaje de fermentación del grano de cacao seco del clon CCN-51 en dos volúmenes de masa sin y con aislamiento térmico

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos del porcentaje de fermentación de los granos de cacao fermentados en cajones de 500 y 150 Kg sin y con aislamiento térmico.

Se observó el efecto de la masa y del aislamiento térmico en el porcentaje de granos fermentados. Según el análisis de varianza (Anexo 8), existe efecto de la masa en el porcentaje de fermentación para los cajones sin aislamiento térmico, obteniendo un mayor porcentaje de fermentación para el cajón de masa 150 Kg (81%). Además, se observa la influencia del aislamiento térmico en el porcentaje de fermentación para los granos de cacao que fueron tanto en los cajones de masa de 500 Kg como en los cajones de masa de 150 Kg, que mostraron diferencia significativa ($p < 0,05$) con relación a los cajones que no tuvieron aislamiento térmico. Los valores más altos obtenidos en cuanto al porcentaje de granos fermentados fueron para los tratamientos que tuvieron aislamiento térmico con 83 y 84% respectivamente (Tabla 1), diferenciándose estadísticamente de los tratamientos que no tuvieron aislamiento térmico. Estos resultados estuvieron dentro del rango de clasificación de los granos de cacao de primera que señala Cortés (1994).

El color marrón oscuro o café en las almendras, indican que el proceso de fermentación fue completo. Significa que los ácidos han matado al embrión; dichas almendras son hinchadas (Jiménez, 2003).

Tabla 3

Porcentaje de fermentación del grano seco del clon de cacao CCN-51 en dos volúmenes de masa (500 y 150 kilogramos) sin y con aislamiento

Análisis físico	Masa de 500 Kg		Masa de 150 Kg	
	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento
Porcentaje de fermentación	75 ± 1.72 ^{Bb}	83 ± 1.67 ^{Aa}	81 ± 0.75 ^{Ab}	84 ± 1.60 ^{Aa}

Letras diferentes en mayúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la masa del cajón por el test de Tukey. Letras diferentes en minúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tipo de aislamiento del cajón por el test de Tukey.

3.4. Evaluar el efecto del volumen de masa del grano de cacao del clon CCN-51 y el tipo de cajón (con aislamiento térmico, sin aislamiento térmico) sobre la calidad sensorial del licor de cacao.

En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos de la calidad sensorial de licor de cacao al utilizar dos volúmenes de masa (500 y 150 Kg) sin y con aislamiento. Los resultados del análisis de varianza de los atributos sensorial se encuentran en el anexo 9.

Aroma

En el resultado obtenido del aroma en las muestras de licor de cacao, no existe diferencia significativa en los dos volúmenes de masas ni en los tipos de aislamiento (Tabla 9). Se observó que en ambos cajones con aislamiento térmico las puntuaciones son de 2,6; y en los cajones sin aislamiento las puntuaciones son inferiores (2 para el cajón de 500 Kg y 2,5 para el cajón de 150 Kg); los aromas relevantes en las muestras fueron: panela, chocolate, nueces, floral, cocoa.

Acidez

El puntaje obtenido de la acidez en los tratamientos con licor de cacao que fueron fermentados en cajones con aislamiento térmico fue significativamente diferente ($p < 0,05$) con relación a los tratamientos que no tuvieron aislamiento térmico (Tabla 10). Se obtuvo mayores valores de acidez para los cajones con aislamiento térmico (3,0) para el cajón de 500 kg y 2,67 para el cajón de 150 kg). Esto se debe a que como la muerte del embrión en ambos cajones fue más rápida, el proceso de fermentación empezó mucho más rápido que los otros tratamientos, es por ello que hubo fermentación prolongada o sobrefermentación, ya que se produjeron granos con acidez excesiva, debido a que el ácido acético es absorbido en grandes cantidades por los cotiledones (Lopez y McDonald, 1983).

Amargor

En la evaluación de este atributo, el puntaje de amargor en el licor de cacao tuvo mayor valor para los cajones con aislamiento térmico (2,60 para el cajón de 500 Kg y 2,50 para el cajón de 150 Kg), presentándose diferencias significativas ($p < 0,05$) con relación a los cajones que no tuvieron aislamiento térmico (Tabla 12). Esto indica una baja calidad del licor, ya que este atributo tiene una relación inversa con respecto a la calidad del producto

final (Sánchez 2007). Sin embargo, este puntaje no es considerado de mala calidad ya que fue un atributo que tuvo como característica que la sensación de amargor desaparecía a medida que transcurría el tiempo. Este valor de amargor puede ser debido a la sobre fermentación que hubo para ambos tratamientos; así mismo, dentro del tostado de las almendras se pudo afectar este atributo.

Tabla 4

Prueba sensorial del licor de cacao del clon CCN-51 aplicado a dos volúmenes de masa con y sin aislamiento (500 y 150 kilogramos)

Atributos	Masa de 500 Kg		Masa de 150 Kg	
	Sin aislamiento	Con aislamiento	Sin aislamiento	Con aislamiento
Aroma	2.72 ± 0.10 ^{Aa}	2.57 ± 0.15 ^{Aa}	2.53 ± 0.15 ^{Aa}	2.62 ± 0.08 ^{Aa}
Acidez	2.33 ± 0.33 ^{Ab}	3.0 ± 0.20 ^{Aa}	2.10 ± 0.13 ^{Ab}	2.67 ± 0.28 ^{Aa}
Amargor	2.17 ± 0.24 ^{Ab}	2.60 ± 0.09 ^{Aa}	2.37 ± 0.20 ^{Ab}	2.50 ± 0.22 ^{Aa}
Astringencia	2.08 ± 0.64 ^{Bb}	2.75 ± 0.15 ^{Aa}	2.63 ± 0.13 ^{Aa}	2.62 ± 0.15 ^{Aa}
Defectos	0.82 ± 0.13 ^{Aa}	0.48 ± 0.19 ^{Ab}	0.80 ± 0.10 ^{Aa}	0.43 ± 0.06 ^{Ab}
Cacao	2.23 ± 0.21 ^{Aa}	2.40 ± 0.09 ^{Aa}	2.23 ± 0.30 ^{Aa}	2.58 ± 0.21 ^{Aa}
Dulce	1.63 ± 0.38 ^{Aa}	1.35 ± 0.30 ^{Aa}	1.32 ± 0.08 ^{Aa}	1.40 ± 0.15 ^{Aa}
Nuez	1.48 ± 0.03 ^{Aa}	1.77 ± 0.25 ^{Aa}	1.42 ± 0.28 ^{Aa}	1.83 ± 0.33 ^{Aa}
Frutas secas	1.20 ± 0.28 ^{Aa}	1.10 ± 0.46 ^{Aa}	1.03 ± 0.49 ^{Aa}	1.18 ± 0.10 ^{Aa}
Frutas frescas	0.98 ± 0.43 ^{Aa}	0.97 ± 0.26 ^{Aa}	1.03 ± 0.29 ^{Aa}	1.18 ± 0.13 ^{Aa}
Floral	0.70 ± 0.24 ^{Aa}	0.53 ± 0.14 ^{Aa}	0.50 ± 0.10 ^{Aa}	0.62 ± 0.08 ^{Aa}
Especies	0.50 ± 0.10 ^{Aa}	0.38 ± 0.14 ^{Aa}	0.48 ± 0.18 ^{Aa}	0.52 ± 0.33 ^{Aa}

Letras diferentes en mayúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la masa del cajón por el test de Tukey. Letras diferentes en minúscula muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tipo de aislamiento del cajón por el test de Tukey.

Astringencia

La tabla 14 (Anexo 9) muestra que, para los puntajes obtenidos en la astringencia, existe diferencia significativa ($p < 0,05$) para el factor “aislamiento” y para la interacción de ambos factores (masa y aislamiento térmico). Analizando la interacción de los factores estudiados; la tabla 13 muestra que existe efecto significativo de la masa en los cajones que no presentan aislamiento térmico. Por otro lado, la tabla 15 (Anexo 14) muestra que existe efecto del aislamiento térmico en los cajones de masa de 500 Kg.

La astringencia es una sensación que está relacionado con el contenido de polifenoles o flavonoides de las almendras de cacao (Sánchez, 2007). Por otro lado, el mayor porcentaje de astringencia lo encontramos en el cajón de capacidad de 500 Kg con aislamiento térmico (2,75), esto lo relacionamos con la sobre fermentación que se desarrolló en este tratamiento.

Defectos

El puntaje obtenido de los defectos en los cajones que tuvieron aislamiento térmico fue significativamente diferente ($p < 0,05$) con relación a los cajones que no tuvieron aislamiento térmico (Tabla 19). Es decir, el puntaje de licor de los granos que fueron fermentados en cajones con aislamiento térmico fue menos astringente que el licor de los granos de cacao que fueron fermentados en cajones que no tuvieron aislamiento térmico (0,48 para el cajón de 500 Kg y 0,43 para el cajón de 150 Kg). Este atributo se presenta como un sabor desagradable (Sánchez, 2007).

Cacao

El sabor a cacao o achocolatado en una muestra de licor de cacao es típico de un grano de cacao bien fermentado, seco y tostado, libre de cualquier contaminación, este sabor se desarrolla principalmente en la fermentación y el tostado (Díaz, 2012).

Las puntuaciones obtenidas para este atributo no mostraron diferencia significativa (Tabla 21) en las muestras de licor de cacao.

Dulce

Este atributo describe una sensación cercana al azúcar o panela y a otros compuestos como los edulcorantes sintéticos. No existe diferencia significativa en los tratamientos (Tabla 22). La mayor puntuación con un valor de 1,63 en el cajón de 500 kg.

Nuez, frutas secas, frutas frescas, floral y especias

Los puntajes de nuez, frutas secas, frutas frescas, floral y especias obtenidos por los catadores en licor de cacao en los en los tratamientos con cajones de 500 Kg y 150 Kg de masa, con y sin aislamiento no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$). Es decir, no hubo un efecto en las variables de estudio. Jiménez (2007) menciona que los granos de cacao deben tostarse para que la cascarilla pueda eliminarse fácilmente, además para que los compuestos precursores del sabor que se formaron en el proceso de fermentación puedan transformarse y producir olores y sabores típicos al sabor a chocolate otros sabores como nuez, frutal, floral según el tipo de cacao.

El mayor puntaje de sabor a frutas secas y frescas obtenidos en las muestras fue de el cajón de 500 Kg sin aislamiento térmico y el cajón de 150 Kg con aislamiento térmico respectivamente.

El mayor puntaje obtenido en sabor floral fue en el cajón de capacidad de 500 Kg sin aislamiento térmico, esta característica presenta aromas y sabores a flores, casi perfumadas, con una sensación de frescura que invade en la boca que desaparecerá rápidamente (Jiménez et al., 2011).

Es importante mencionar que valores elevados de sabor a frutas y floral indican suavidad y finura en el sabor. Estos sabores son propios de la naturaleza del clon de cacao CCN- 51 (Sánchez, 2007).

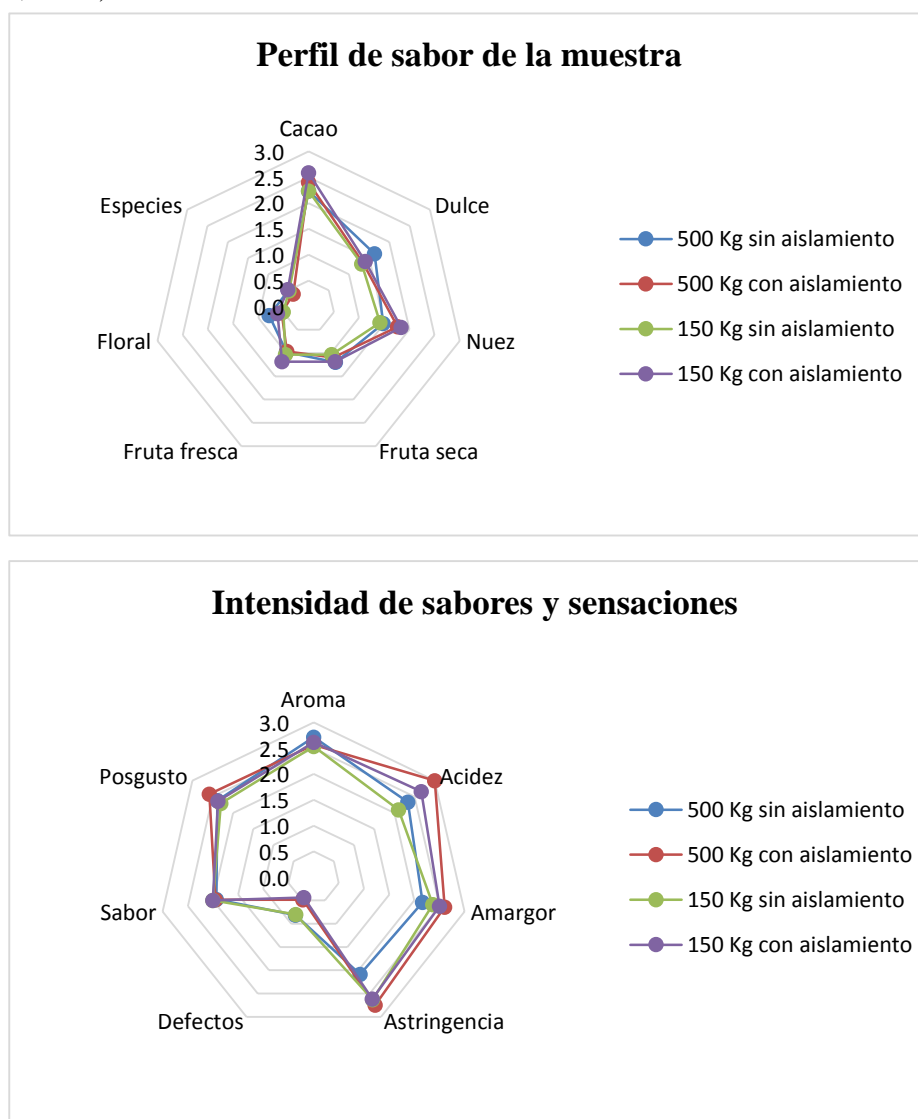


Figura 12. Intensidad del perfil sensorial del clon CCN-51 aplicado a dos volúmenes de masa con y sin aislamiento (500 y 150 kilogramos)

CONCLUSIONES

- No fue posible determinar la temperatura apropiada para obtener granos de calidad física y organoléptica en el clon de cacao CCN- 51 (*Theobroma cacao L.*); ya que sólo se logró controlar la temperatura de 45°C en el cuarto y quinto día de fermentación.
- Al evaluar el factor masa en el pH de la testa y del cotiledón, observamos que no existe diferencia significativa; es decir, no hubo efecto de la masa sobre el pH de la testa ni del cotiledón del grano de cacao.
- El efecto del aislamiento térmico influyó sobre el proceso de fermentación de los granos de cacao, ya que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) para el factor aislamiento en ambos pH; es decir la muerte del embrión para los tratamientos se dio a las 60 horas para el cajón de 500 kilogramos con un pH de 3.66 y a las 48 horas para el cajón de 150 kilogramos con un pH de 3.73 a una temperatura promedio de 42°C aproximadamente.
- El volumen de las masas influyó en la variación del porcentaje de acidez, cuanto mayor sea el volumen de masa de granos de cacao que se fermenta, mayor será la acidez de la testa.
- Existe efecto de la masa sobre el porcentaje de fermentación para los cajones sin aislamiento térmico, es decir, a menor volumen de granos de cacao fermentados, menor porcentaje de fermentación.
- Se observó el efecto del aislamiento térmico sobre el porcentaje de fermentación; obteniendo el mayor porcentaje en los cajones con aislamiento térmico (72,67%) para el cajón de 500 kilogramos y (73,67 %) para el cajón de 150 kilogramos.
- El mejor perfil sensorial del licor de cacao se obtuvo de los cajones de 150 kilogramos de masa con aislamiento térmico, ya que se obtuvo el mayor puntaje de catación (72,2 puntos) con respecto a los otros tratamientos.

RECOMENDACIONES

- En los cajones fermentadores con aislamiento (500 y 150 Kg) se observa que la muerte del embrión fue más rápida que en los tratamientos que no tuvieron aislamiento térmico, como consecuencia de esto se tuvo un licor de cacao con acidez y astringencia muy pronunciada, lo cual indica una sobre fermentación en los granos de cacao; para evitar eso, se recomienda disminuir el proceso de fermentación a 6 días para los cajones que tengan aislamiento térmico.
- Realizar otras investigaciones evaluando el cacao fresco con índice de madurez más homogéneo para ver la influencia en el fermentado, dado de que en la presente investigación no se ha tomado en cuenta este factor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M. R & Bullard, E. T. (1961). Variation of bean characteristic in hybrid cacao progenies, proceeding of the Caribbean Region, America Society Horticultural Sciences 5. 105 p.
- Armijos, A. (2002). Caracterización de acidez como parámetro químico de la calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación. Tesis de Licenciatura en Química, Quito, Ecuador, Pontificia Universidad Católica, 103 p.
- Asociación peruana de productores de cacao. (APPCACAO). (2012). Manual de control de calidad del cacao. Lima, Perú.
- Beckett, S. T. (2008). The Science of Chocolate. 2nd ed. The Royal Society of Chemistry: Cambridge, UK. 175 p.
- Braudeau, J. (1970). El cacao. Técnicas agrícola y producciones tropicales. Editorial Blumé. Barcelona, España. 297, 185 p.
- Burga, E. (2014). Influencia del índice de cosecha sobre la calidad sensorial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) del clon CCN-51 en la provincia de Mariscal Cáceres – San Martín. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto-Perú
- Caballero-Pérez J. F., Hernández-Hernández C. y C. H. Avendaño-Arrazate, C. (2014). La fermentación y el secado al sol de granos de cacao. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Rosario Izapa. Folleto Técnico Número 31. Tapachula, Chiapas, México.
- Canessa, R. (2015). Futuros sobre cacao. Técnicas de Trading.
- Cerrón, G. (2012). Asistencia Técnica dirigida en Manejo del Cultivo de cacao. Lima.
- Contreras, C., L. Ortiz de Bertorelli, L. Grazini de Fariñas, P. Parras. (2002). Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de Cumboto, Venezuela. *Agronomía Tropical* 54: 219-232
- Coronado, M. (2009). Influencia del fermentado, oreado, drenado y frecuencia de la

- remoción sobre la calidad del grano fermentado de cacao (*Theobroma cacao*) del clon ICS-95 en la zona de Lamas-San Martín. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
- Cubillos, G., Merizalde, G., & Correa, E. (2008). MANUAL DE BENEFICIO. Medellín, Colombia.
- Díaz, P., Pinagoarte, C. (2012),. Análisis de las Características Organolépticas del Chocolate a partir de Cacao CCN51 Tratado Enzimáticamente y Tostado a Diferentes Temperaturas. (Tesis de pre grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.
- Díaz, A. (2013). Caracterización física de calidad en almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Huehuetán, Chiapas. (Tesis de pregrado). Universidad autónoma agraria Antonio Narro. Chiapas- México
- Dubón, A. (2016). Protocolo para el Beneficiado y calidad del cacao. La Lima, Cortés, Honduras.
- Enríquez G. A. (1995). Beneficio del cacao, Quito, Ecuador. INIAP. Boletín Divulgativo N° 254. 11 p.
- FUNDACITE. (2008). Fundación para el Desarrollo de la ciencia y la Tecnología en el Estado de Aragua 2008. El cacao y su gente.
- Graziani, L. F. (2003). Calidad del cacao, Memorias del Primer Congreso Venezolano el Cacao y su Industria, Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía. UCV.
- Hashim, P., S. K. Muhammad, A. Ali. (1998). Efecct of mass and turnig time on free amino acid, peptide - N, sugar and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *Journal of the Science of Food and Agricultural* 78: 543- 550.
- INTECO (Instituto de Normas y Técnicas de Costa Risa). (2009). Cacao y productos derivados del cacao - Cacao en grano - Clasificación y requisitos..
- Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria. (1993). Manual del cultivo de cacao. Ecuador.
- Jane, P. (2008). Fermentación del cacao. Bogotá. Colombia.

- Jiménez, J. (2000). Efectos de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivados en la zona de Quevedo, Provincia de Los Ríos. Tesis Ing. Agr. Guaranda Ecuador, Universidad Estatal de Bolívar, 57 p.
- Jiménez, J. (2003). Prácticas del Beneficio del Cacao y su Calidad Organoléptica, 12 p. Mimeografiado.
- López, A. & C. McDonald. (1983). Preliminary test of a simple and inexpensive systema for the mechanical aeration of box- type cacao fermentation. *Revista Theobroma* (Brasil) 13: 323- 248.
- Luna, F., D. Crouzillat, L. Cirou, P. Bucheli. (2002). Chemical composition and flavor of ecuadorian cocoa liquor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 3527- 3532
- Manero, Á. (01 de Junio de 2017). Exportaciones de cacao y café superaran los US\$ 1,100 millones en 2017. *Gestión*. Recuperado de: <https://gestion.pe/economia/minagri-exportaciones-cacao-cafe-superaran-us-1-100-millones-2017-136286>.
- Mendoza, C. (2013). El cultivo de cacao. Opción rentable para la selva. Lima.
- Mendoza, L. (16 de 05 de 2017). Producción de cacao alcanza récord histórico en Perú con 108.000 toneladas. *El Comercio*. Recuperado de: <https://elcomercio.pe/economia/produccion-cacao-alcanza-record-historico-peru-108-000-toneladas-422379>
- Moreira, D. M. (1994). La Calidad del Cacao, *Revista INIAP* No 4, 24 • 26.
- Moreno, L. & Sánchez, J. (1989). Beneficio del Cacao. Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas. Fascículo N° 6. 26 p.
- Norma Técnica Peruana 208.040. (2017). CACAO Y CHOCOLATE. Buenas prácticas para la cosecha y beneficio. Lima, Perú.
- Ocaña., J. (2013). Obtención de uva Liofilizada. (Tesis de pre grado). Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.
- Ortiz, L., Grazini, Rovedas. (2009). Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía Tropical* 59: 119- 127.

- Pinto, J. y Álvarez, C. (2001). Comparación de parámetros físicoquímicos de granos tostados de cacao (*Theobroma cacao* L.) de dos zonas del Estado Aragua, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria.
- Portillo, E., Grazini de Fariñas, Cros. (2006). Efectos de algunos factores postcosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Revista de la Facultad de Agronomía 23: 51- 59.
- Portillo, E., L. Grazini, E. Betancourt. 2007. Análisis químico del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del lago de Maracaibo. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 24: 522-546
- Quiroz, J. (1990). Estudio de la compatibilidad en algunos cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.), Tesis Ing. Agr. Babahoyo Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Técnica de Babahoyo. 30 p.
- Recalde, A. (2007). Evaluación del efecto del presecado y tiempo de fermentación en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volátiles en dos genotipos de cacao.
- Reyes, E. Vivas, J., Romero A. (2000). La calidad del cacao II. Cosecha y fermentación. Maracay. Venezuela.
- Romero, G. (2004). Mercadeo nacional e internacional del cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15 17 nov./ 2004, Quevedo – Ecuador). Memorias INAP. Quevedo, Ecuador. 20 p.
- Romero, C. A. (2016). Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo. Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú.
- Santos, A. (2005). Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del Complejo Nacional Trinitario.(Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 59 p.
- Sánchez, V. (2007). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos-Ecuador

- Schwan, R. F. and A. E. Wheals. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44: 205-221.
- Vergara, R. A. (2006). *Protocolo Estandarizado de Oferta Tecnológica Para el Cultivo del Cacao en el Perú*. Lima.
- Vílchez, V. N. (2016). Efecto de material del fermentador, en el grado de fermentación de granos de cacao (*Theobroma cacao* L, Clon: CCN - 51). (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. Perú.
- Wood, G. (1983). *Cacao*. Traducido por Ambrosio, 3ª edición en español, México.

ANEXOS

Anexo 1: Formato del análisis físico del grano de cacao seco y fermentado

ANALISIS FISICO Y CALIDAD DEL CACAO

INGRESO DESPACHO CERTIFICADO N° _____

RESPONSABLE _____ FECHA _____

ORIGEN _____ NN.LOTE _____ PESO LOTE _____

PESO.MUESTRA _____ NUM.SACOS _____ TIPO.SACO _____

PESO DE 100 GRANOS	
HUMEDAD	
pH	
COLOR	
OLOR	
FORMA	

ESTATUS

Convencional _____

Transición _____

UTZ _____

Orgánico _____

Fair Trade _____

PRUEBA DE CORTE 300 GRANOS NTP.		100		100		100		TOTAL	%	Análisis Sobre _____ gr. %		
		50	50	50	50	50	50					
BIEN FERMEN.	Bien Fermentado									Multiples		
	B. Fermen. Blanco									Residuos, Rotos Cascajilla.		
PARCIAL FERMEN.	Parcial Fermentado									Plano		
	P. Fermen. Blanco									Mat. Extrañas Max 1%		
NO FERMEN.	Grano Violeta									Total Descarte		
	Grano Pizarroso									Granos Limpios		
	Grano No Fermen. Blanco									Zaranda		
DEFECTOS	Grano con Hongo									TOTAL		
	Grano dañado por insectos											
	Grano germinado											

GRADO

SUPERIOR GRADO I

GRADO II GRADO III

BIEN FERMEN.	PARCIAL FERMEN.	NO FERMEN.	DEFECTOS	TOTAL FERMENTACION

OBSERVACIONES

FIRMA DEL RESPONSABLE

ACEPTADO PROCESO RECHAZADO

COMENTARIO _____

Anexo 2. Formato del análisis sensorial del licor de cacao



ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO
Ficha de Catación

MUESTRA _____
CATADOR _____
FECHA _____

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma		0 1 2 3 4 5 			x1 =
Acidez		0 1 2 3 4 5 			x1 =
Amargor	INTENSIDAD 0 a 2.5: > 5 en calidad	0 1 2 3 4 5 			x1 =
Astringencia	2.5 a 5: < 5 en calidad	0 1 2 3 4 5 			x1 =
Defectos		0 1 2 3 4 5 			x2 =
Sabor	Cocoa/Cacao	0 1 2 3 4 5 			x2 =
	Dulce	0 1 2 3 4 5 			
	Nuez	0 1 2 3 4 5 			
	Frutas secas	0 1 2 3 4 5 			
	Frutas frescas	0 1 2 3 4 5 			
	Floral	0 1 2 3 4 5 			
	Especies	0 1 2 3 4 5 			
	Otros				
Pos gusto		0 1 2 3 4 5 			x1 =
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATADOR		x1 =
PUNTAJE FINAL					

ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

ESCALA DE CALIDAD

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo	Malo		Regular		Bueno		Excelente			

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.

Anexo 3. Temperatura de fermentación del primer ensayo (Cooperativa ACOPAGRO)

Hora	T1			T2			T3			T4		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	33.00	33.00	32.60	32.20	32.00	32.60	32.50	33.90	33.10	32.6	33.0	32.8
3	36.00	35.50	36.40	34.40	33.50	34.00	33.80	34.10	34.60	34.7	34.4	35.0
6	37.60	36.80	39.10	36.20	34.00	35.50	36.30	34.40	35.70	36.7	35.1	36.8
9	40.60	39.10	40.70	39.60	35.90	36.30	37.10	35.60	36.50	39.1	36.9	37.8
12	42.00	40.30	41.10	42.20	37.40	37.70	38.40	36.50	37.00	40.9	38.1	38.6
15	42.90	41.50	41.90	43.30	39.00	39.30	39.20	37.30	37.40	41.8	39.3	39.5
18	43.70	42.60	43.10	43.50	40.20	40.50	39.50	38.00	37.20	42.2	40.3	40.3
21	44.30	43.70	44.20	43.90	41.90	41.90	40.30	38.30	37.60	42.8	41.3	41.2
24	45.40	45.10	45.00	45.80	43.80	43.30	40.70	39.60	39.00	44.0	42.8	42.4
27	45.60	45.30	45.20	45.70	44.60	44.50	40.90	40.10	40.50	44.1	43.3	43.4
30	45.50	45.40	45.40	46.10	45.50	45.50	41.40	41.10	41.30	44.3	44.0	44.1
33	45.60	45.50	45.50	46.00	45.60	45.90	42.50	41.80	41.90	44.7	44.3	44.4
36	45.50	45.50	45.50	45.70	45.60	46.20	43.00	42.70	42.20	44.7	44.6	44.6
39	45.20	45.50	45.50	45.60	45.60	46.40	43.70	43.30	42.40	44.8	44.8	44.8
42	45.00	45.50	45.40	45.10	45.10	46.10	43.80	43.30	42.00	44.6	44.6	44.5
45	44.60	45.30	45.00	44.70	44.60	45.80	43.60	42.90	41.80	44.3	44.3	44.2
48	42.70	43.40	43.00	42.40	43.20	43.30	43.90	43.70	43.20	43.0	43.4	43.2
51	43.10	43.70	43.60	44.80	43.50	43.50	44.00	43.50	42.80	44.0	43.6	43.3
54	43.50	43.40	43.70	46.80	43.50	43.40	44.30	43.10	42.40	44.9	43.3	43.2
57	43.90	43.40	43.80	47.70	43.50	43.60	43.20	42.80	42.00	44.9	43.2	43.1
60	44.10	43.30	44.00	48.00	43.70	43.60	43.50	42.80	42.00	45.2	43.3	43.2
63	44.10	43.30	44.10	47.80	43.90	43.70	44.00	42.70	41.80	45.3	43.3	43.2
66	43.90	43.20	44.00	47.40	43.90	43.70	44.40	42.40	41.60	45.2	43.2	43.1
69	44.80	45.40	45.60	45.60	44.30	44.90	45.30	47.30	43.60	45.2	45.7	44.7
72	45.40	45.70	45.80	43.90	45.60	46.30	45.70	46.70	42.70	45.0	46.0	44.9
75	45.40	45.40	45.60	44.60	45.00	46.40	45.90	46.00	42.20	45.3	45.5	44.7

Hora	T1			T2			T3			T4		
81	44.30	44.40	44.30	41.00	42.90	45.60	45.00	44.80	41.50	43.4	44.0	43.8
84	45.30	44.30	44.70	46.20	44.20	44.60	44.70	41.90	42.00	45.4	43.5	43.8
87	45.80	44.00	44.30	45.90	43.70	44.40	43.10	42.50	41.70	44.9	43.4	43.5
90	45.80	44.00	44.10	45.80	43.40	44.40	42.80	43.90	43.60	44.8	43.8	44.0
93	43.60	44.00	44.70	43.70	44.40	43.90	43.30	43.50	43.00	43.5	44.0	43.9
96	45.10	44.60	45.00	45.20	45.10	45.10	43.60	43.40	42.70	44.6	44.4	44.3
99	47.20	45.50	45.20	44.20	45.00	45.50	44.70	43.10	43.50	45.4	44.5	44.7
102	48.20	45.80	45.40	45.70	45.30	45.80	44.30	43.70	43.50	46.1	44.9	44.9
105	47.00	45.50	44.30	42.70	46.10	46.00	45.00	44.30	44.30	44.9	45.3	44.9
108	46.60	45.30	44.20	42.00	46.40	45.90	45.40	45.00	45.10	44.7	45.6	45.1
111	46.10	45.30	44.60	41.60	46.40	45.60	45.40	45.50	46.00	44.4	45.7	45.4
114	45.30	45.40	45.10	41.70	46.30	45.40	45.80	44.70	48.10	44.3	45.5	46.2
117	44.60	44.70	44.90	44.70	45.10	44.80	45.60	45.30	46.40	45.0	45.0	45.4
120	45.20	45.00	45.40	45.40	44.70	45.50	45.00	44.80	45.50	45.2	44.8	45.5
123	46.40	45.70	46.50	45.70	45.20	45.60	45.10	45.50	44.20	45.7	45.5	45.4
126	46.70	45.30	46.90	45.10	45.70	45.60	44.80	45.90	44.50	45.5	45.6	45.7
129	47.30	45.80	47.20	45.90	46.50	45.70	45.10	45.20	45.40	46.1	45.8	46.1
132	46.80	45.40	46.60	46.30	46.80	46.60	46.10	46.60	45.80	46.4	46.3	46.3
135	46.40	45.60	46.50	46.90	47.20	46.60	46.10	46.50	46.30	46.5	46.4	46.5
138	45.90	45.20	46.00	47.10	46.50	47.50	47.10	47.46	46.90	46.7	46.4	46.8
141	45.50	45.10	45.70	46.50	46.10	46.50	46.10	46.70	47.40	46.0	46.0	46.5
144	45.70	45.50	45.20	46.00	45.70	45.00	46.10	42.00	46.50	45.9	44.4	45.6
147	45.40	45.30	44.90	45.70	45.30	45.50	45.10	45.90	44.90	45.4	45.5	45.1
150	45.10	45.60	45.10	45.30	45.00	45.50	45.10	45.10	44.30	45.2	45.2	45.0
153	45.00	45.30	44.70	44.50	44.60	44.50	44.10	44.70	43.50	44.5	44.9	44.2
156	44.80	45.00	44.20	44.00	44.00	44.00	44.80	42.00	43.10	44.5	43.7	43.8
159	44.30	44.60	44.00	45.10	43.70	45.40	45.10	45.44	42.90	44.8	44.6	44.1
162	44.00	44.40	44.50	44.10	44.20	44.40	44.10	44.50	43.50	44.1	44.4	44.1
165	43.70	44.00	43.90	43.60	43.90	43.30	44.80	43.90	43.10	44.0	43.9	43.4
168	43.50	43.90	43.20	43.10	43.50	43.30	43.10	43.20	42.80	43.2	43.5	43.1

Anexo 4. Evaluación del pH de la testa en el proceso de fermentación

Horas de fermentación	Evolución del pH de la testa															
	T1 (Masa de 500 Kg)								T2 (Masa de 150 Kg)							
	Sin aislamiento				Con aislamiento				Sin aislamiento				Con aislamiento			
	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO
0	2.92	3.51	3.25	3.23	3.4	3.47	3.49	3.45	3.15	3.3	3.64	3.36	3.25	3.3	3.25	3.27
12	3.26	3.32	3.14	3.24	3.34	3.5	3.3	3.38	3.38	3.46	3.42	3.42	3.31	3.58	3.58	3.49
24	3.45	2.96	3.33	3.25	3.39	3.3	3.41	3.37	3.5	3.41	3.3	3.40	3.33	3.26	3.27	3.29
36	3.50	3.61	3.41	3.51	3.44	4.23	3.5	3.72	3.62	3.54	3.71	3.62	3.16	3.35	3.32	3.28
48	3.86	3.54	3.72	3.71	4.7	4.62	4.12	4.48	3.45	3.5	3.36	3.44	3.6	3.55	3.58	3.58
60	3.75	3.70	3.69	3.71	3.52	3.49	3.74	3.58	3.56	3.51	3.51	3.53	3.49	3.44	3.51	3.48
72	3.62	3.84	3.45	3.64	3.44	3.96	3.8	3.73	3.32	3.59	3.6	3.50	3.71	3.68	3.6	3.66
84	3.81	3.81	3.92	3.85	3.68	3.71	3.73	3.71	3.64	3.73	3.66	3.68	3.75	3.79	3.74	3.76
96	3.70	3.71	3.55	3.65	3.82	3.89	3.7	3.80	3.74	3.85	3.62	3.74	3.81	3.76	3.69	3.75
108	3.62	3.73	3.61	3.65	3.91	3.87	4.03	3.94	3.9	3.69	3.83	3.81	3.88	3.84	3.81	3.84
120	3.70	3.63	3.49	3.61	3.95	3.69	3.68	3.77	3.71	3.78	3.72	3.74	3.79	3.93	3.7	3.81
132	3.74	3.73	3.72	3.73	3.71	3.75	3.87	3.78	3.73	3.8	3.65	3.73	3.79	3.88	3.76	3.81
144	3.54	3.57	3.59	3.57	3.68	3.73	3.68	3.70	3.61	3.73	3.73	3.69	3.75	3.81	3.83	3.80
156	3.34	3.45	3.73	3.51	3.5	3.65	3.94	3.70	3.82	3.76	3.8	3.79	3.5	3.69	3.71	3.63
168	3.1	3.06	3.42	3.19	3.25	3.51	3.81	3.52	3.75	3.62	3.72	3.70	3.65	3.76	3.79	3.73

Anexo 5. Evaluación del pH del cotiledón en el proceso de fermentación

Horas de fermentación	Evolución del pH del cotiledón															
	T1 (Masa de 500 Kg)								T2 (Masa de 150 Kg)							
	Sin aislamiento				Con aislamiento				Sin aislamiento				Con aislamiento			
	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO
0	6.34	6.06	5.67	6.02	6.13	6.04	5.63	5.93	5.64	5.69	5.74	5.69	5.85	5.65	5.41	5.64
12	5.83	5.30	5.45	5.53	4.80	3.76	5.03	4.53	5.33	5.26	5.53	5.37	5.56	5.02	5.50	5.36
24	5.58	3.74	5.03	4.78	5.59	4.62	4.81	5.01	5.21	4.84	5.10	5.05	4.81	4.59	4.80	4.73
36	4.39	4.35	4.21	4.32	3.88	4.04	4.38	4.10	4.75	4.63	4.86	4.75	4.34	4.12	4.32	4.26
48	4.26	4.22	4.12	4.20	3.74	3.81	3.81	3.79	4.15	3.82	4.72	4.23	3.62	3.74	3.82	3.73
60	4.15	4.34	4.09	4.19	3.65	3.56	3.76	3.66	3.95	4.14	4.03	4.04	3.86	4.81	4.49	4.39
72	4.03	4.13	3.95	4.04	3.75	4.22	3.92	3.96	4.00	4.03	3.60	3.88	4.01	4.16	4.02	4.06
84	3.94	4.03	3.85	3.94	3.81	4.02	3.84	3.89	3.75	3.77	3.83	3.78	3.96	4.03	4.10	4.03
96	3.85	3.85	3.60	3.77	3.95	3.98	3.85	3.93	3.80	3.89	3.64	3.78	3.94	3.92	3.82	3.89
108	3.72	3.75	3.60	3.69	3.92	3.95	3.86	3.91	3.83	3.72	3.79	3.78	3.89	3.88	3.85	3.87
120	3.85	3.69	3.44	3.66	3.82	3.86	3.61	3.76	3.66	3.83	3.74	3.74	3.74	3.98	3.72	3.81
132	3.76	3.71	3.68	3.72	3.76	3.80	3.77	3.78	3.65	3.82	3.68	3.72	3.69	3.85	3.80	3.78
144	3.55	3.56	3.56	3.56	3.63	3.79	3.60	3.67	3.57	3.69	3.70	3.65	3.66	3.78	3.79	3.74
156	3.33	3.41	3.66	3.47	3.52	3.60	3.80	3.64	3.76	3.81	3.85	3.81	3.88	3.73	3.76	3.79
168	3.30	3.35	3.51	3.39	3.46	3.73	3.75	3.65	3.81	3.75	3.87	3.81	3.94	3.81	3.85	3.87

Anexo 7: Evaluación de la acidez titulable de la testa en el proceso de fermentación

Horas de fermentación	Evolución de la acidez de la testa																
	Masa de 500 Kg								Masa de 150 Kg								
	Sin Aislamiento				Con Aislamiento				Sin Aislamiento				Con Aislamiento				
	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	
0	0.12	0.12	0.10	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.27	0.28	0.27	0.27	0.27	0.34	0.35	0.37	0.35
12	0.16	0.16	0.15	0.16	0.09	0.10	0.10	0.10	1.07	1.07	1.09	1.08	1.07	1.09	1.08	1.08	
24	0.21	0.21	0.20	0.21	0.13	0.12	0.07	0.11	1.15	1.13	1.15	1.14	1.22	1.24	1.24	1.23	
36	0.23	0.22	0.23	0.23	0.16	0.15	0.15	0.15	1.19	1.18	1.18	1.18	1.22	1.23	1.23	1.23	
48	0.22	0.19	0.21	0.21	0.18	0.16	0.18	0.17	1.43	1.42	1.42	1.42	1.55	1.56	1.55	1.55	
60	0.21	0.20	0.24	0.22	0.20	0.19	0.19	0.21	1.34	1.35	1.35	1.35	1.70	1.71	1.69	1.70	
72	0.25	0.21	0.28	0.25	0.23	0.21	0.21	0.22	1.79	1.80	1.80	1.80	1.58	1.58	1.58	1.58	
84	0.26	0.27	0.30	0.28	0.20	0.23	0.21	0.21	1.67	1.65	1.65	1.66	1.45	1.46	1.48	1.46	
96	0.24	0.26	0.27	0.26	0.24	0.25	0.25	0.25	1.45	1.46	1.45	1.45	1.47	1.47	1.45	.46	
108	0.24	0.29	0.26	0.26	0.22	0.21	0.22	0.22	1.71	1.71	1.73	1.72	1.78	1.77	1.77	1.77	
120	0.25	0.28	0.30	0.28	0.19	0.19	0.20	0.19	1.92	1.93	1.92	1.92	1.93	1.95	1.93	1.94	
132	0.28	0.26	0.27	0.27	0.24	0.21	0.25	0.23	1.82	1.83	1.83	1.83	2.45	2.45	2.47	2.46	
144	0.31	0.31	0.30	0.31	0.25	0.25	0.26	0.25	2.19	2.20	2.20	2.20	2.39	2.41	2.38	2.39	
156	0.29	0.30	0.31	0.30	0.27	0.27	0.26	0.27	2.23	2.25	2.24	2.24	2.18	2.20	2.20	2.19	
168	0.29	0.30	0.31	0.30	0.28	0.25	0.27	0.27	2.15	2.16	2.16	2.26	2.15	2.13	2.17	2.15	

Anexo 6: Evaluación de la acidez titulable del cotiledón en el proceso de fermentación

Horas de fermentación	Evolución de la acidez del cotiledón															
	Masa de 500 Kg								Masa de 150 Kg							
	Sin aislamiento				Con aislamiento				Sin aislamiento				Con aislamiento			
	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO	R1	R2	R3	PROMEDIO
0	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.31	0.30	0.30	0.30	0.26	0.27	0.30	0.28
12	0.05	0.06	0.06	0.06	0.04	0.03	0.04	0.04	0.32	0.33	0.34	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34
24	0.03	0.08	0.05	0.05	0.02	0.04	0.04	0.03	0.41	0.43	0.43	0.42	0.49	0.47	0.47	0.48
36	0.10	0.12	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.49	0.47	0.48	0.48	0.85	0.81	0.81	0.82
48	0.14	0.15	0.13	0.14	0.13	0.11	0.11	0.12	0.92	0.94	0.94	0.93	1.14	1.15	1.11	1.13
60	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.17	0.17	1.19	1.19	1.20	1.19	1.26	1.25	1.25	1.25
72	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	1.01	1.02	1.04	1.02	1.09	1.10	1.10	1.10
84	0.16	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	1.30	1.30	1.31	1.30	1.24	1.25	1.22	1.24
96	0.21	0.22	0.22	0.22	0.17	0.17	0.16	0.17	1.47	1.46	1.47	1.47	1.32	1.37	1.38	1.36
108	0.19	0.20	0.20	0.20	0.15	0.15	0.16	0.15	1.55	1.56	1.57	1.56	1.54	1.52	1.55	1.54
120	0.22	0.23	0.23	0.23	0.17	0.16	0.16	0.16	1.31	1.33	1.30	1.31	1.37	1.37	1.38	1.37
132	0.21	0.22	0.20	0.21	0.21	0.20	0.20	0.20	1.47	1.49	1.45	1.47	1.46	1.45	1.57	1.49
144	0.21	0.20	0.18	0.20	0.20	0.19	0.20	0.20	1.47	1.63	1.65	1.58	1.38	1.39	1.38	1.38
156	0.21	0.22	0.23	0.22	0.15	0.16	0.16	0.16	1.56	1.58	1.55	1.56	1.51	1.49	1.50	1.50
168	0.22	0.25	0.25	0.24	0.18	0.17	0.16	0.17	1.54	1.55	1.53	1.54	1.87	1.75	1.78	1.80

Anexo 8. Análisis estadístico del porcentaje de fermentación del grano de cacao seco.

Tabla 3

Cuadro de Análisis de varianza del porcentaje de fermentación de los granos de cacao.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	70.04	70.042	31.479	0.00001718
Aislamiento	1	187.04	187.042	84.064	0.00000001
Masa*Aislamiento	1	30.38	30.375	13.652	0.00143442
Residuo	20	44.50	2.225		
Total	23	331.96			

CV = 1.85 %

Leyenda:

FACTOR 1: Masa

FACTOR 2: Aislamiento

Desdoblado interacción:

1. Desdoblado masa dentro de cada nivel de aislamiento

Tabla 4

Cuadro de análisis de varianza de masa dentro de cada nivel de aislamiento del porcentaje de fermentación

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
Aislamiento	1	187.04167	187.04167	84.0637	0
Masa:Aislamiento Conaisl	1	4.08333	4.08333	1.8352	0.1906
Masa:Aislamiento Sinaisl	1	96.33333	96.33333	43.2959	0
Residuo	20	44.50000	2.22500		
Total	23	331.95833	14.43297		

Masa dentro del nivel “con aislamiento”, las medidas de este factor son estadísticamente iguales.

Masa dentro del nivel “sin aislamiento”, las medidas son estadísticamente diferentes.

Tabla 5

Test de Tuckey de los cajones sin aislamiento

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	80.83333
b	2	75.16667

2. Desdoblado aislamiento dentro cada nivel de masa

Tabla 6

Cuadro de varianza de aislamiento dentro de cada nivel de masa del porcentaje de fermentación

	GL	SQ	QM	Fc	Pr. Fc
Masa	1	70.04167	70.04167	31.4794	0
Aislamiento:Masa Cajón150kg	1	33.33333	33.33333	14.9813	0.001
Aislamiento:Masa Cajón500kg	1	184.08333	184.08333	82.7341	0
Residuo	20	44.50000	2.22500		
Total	23	331.95833	14.43297		

Aislamiento dentro del nivel “Cajón de 150 Kg”, las medidas de este factor son estadísticamente diferentes.

Tabla 7

Test de Tuckey del aislamiento para los cajones de 150 Kg

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	84.16667
b	2	80.83333

Aislamiento dentro del nivel “Cajón de 500 Kg”, las medidas de este factor son estadísticamente diferentes.

Tabla 8

Test de Tuckey del aislamiento para los cajones de 500 Kg

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	83
b	2	75.16667

Anexo 9. Análisis Estadístico del Análisis sensorial del licor de cacao

Tabla 9

Cuadro de análisis de varianza del aroma

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.0456	0.045562	0.18700	0.66800
Aislamiento	1	0.0112	0.011222	0.04606	0.83128
Masa Aislamiento	1	0.1357	0.135722	0.55705	0.46030
Residuo	36	8.7713	0.243646		
Total	39	8.9638			

CV = 18.92 %

Leyenda:

FATOR 1: Masa

FATOR 2: Aislamiento

Tabla 10

Cuadro de análisis de varianza de la acidez

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.0449	0.04489	0.1336	0.71689
Aislamiento	1	1.6000	1.60000	4.7610	0.03572
Masa Aislamiento	1	0.7129	0.71289	2.1213	0.15393
Residuo	36	12.0983	0.33606		
Total	39	14.4560			

CV 22.02 %

Existe diferencia significativa en el factor “aislamiento”

Tabla 11

Test de Tuckey del atributo acidez

Grupos	Tratamientos	Medias
a	conaislam	2.833
b	sinaislam	2.433

Tabla 12

Cuadro de análisis de varianza del amargor

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.1464	0.14641	0.5575	0.46012
Aislamiento	1	1.2461	1.24609	4.7448	0.03602
*Masa · Aislamiento	1	0.0593	0.05929	0.2258	0.63755
Residuo	36	9.4544	0.26262		
Total	39	10.9062			

CV 20.96 %

La tabla 12 muestra diferencia significativa para el factor “aislamiento”.

Tabla 13
Test de Tuckey del atributo amargor

Grupos	Tratamientos	Medias
a	conaislam	2.621
b	sinaislam	2.268

Tabla 14
Cuadro de análisis de varianza de la astringencia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.4928	0.49284	1.9245	0.173895
Aislamiento	1	1.1424	1.14244	4.4610	0.041681
Masa Aislamiento	1	1.0890	1.08900	4.2524	0.046470
Residuo	36	9.2194	0.25609		
Total	39	11.9436			

CV 20.02 %

La tabla 14 nos muestra diferencia significativa para el factor “aislamiento” y la interacción de ambos factores.

1. Desdoblado interacciones:

- Desdoblado Masa dentro de cada nivel de aislamiento:

Tabla 15
Cuadro de análisis de varianza de la masa dentro de cada nivel de aislamiento del atributo astringencia.

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
Aislamiento	1	1.14244	1.14244	4.461	0.0417
Masa:Aislamiento conaislam	1	0.05832	0.05832	0.2277	0.6361
Masa:Aislamiento sinaislam	1	1.52352	1.52352	5.9491	0.0198
Residuo	36	9.21936	0.25609		
Total	39	11.94364	0.30625		

Presenta diferencia estadística para el factor “masa”, dentro del nivel “sin aislamiento”

Tabla 16
Test de Tuckey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	2.635
b	2	2.083

- Desdoblado aislamiento dentro de cada nivel de masa:

Tabla 17

Cuadro de análisis de varianza del aislamiento dentro de cada nivel de masa del atributo astringencia

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
Masa	1	0.49284	0.49284	1.9245	0.1739
Aislamiento:Masa masa150kg	1	0.00032	0.00032	0.0012	0.972
Aislamiento:Masa masa500kg	1	2.23112	2.23112	8.7121	0.0055
Residuo	36	9.21936	0.25609		
Total	39	11.94364	0.30625		

En la tabla 17. Observamos diferencia estadística para el factor “aislamiento”, dentro del nivel “masa de 500 Kg”

Tabla 18

Test de Tuckey

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	2.751
b	2	2.083

Tabla 19

Cuadro de análisis de varianza de los defectos

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
masa	1	0.0116	0.01156	0.0521	0.82079
aislamiento	1	1.2180	1.21801	5.4863	0.02481
masa*aislamiento	1	0.0029	0.00289	0.0130	0.90980
Residuo	36	7.9924	0.22201		
Total	39	9.2248			

Presenta diferencia estadística en el factor “aislamiento”

Tabla 20

Test de Tuckey del atributo defectos

Grupos	Tratamientos	Medias
a	sinaislam	0.8075
b	conaislam	0.4585

Tabla 21
Cuadro de análisis de varianza del atributo cacao

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
masa	1	0.6126	0.61256	2.49908	0.12266
aislamiento	1	0.0648	0.06480	0.26438	0.61027
masa*aislamiento	1	0.6225	0.62250	2.53964	0.11976
Residuo	36	8.8241	0.24511		
Total	39	10.1240			

CV 22.58 %

Tabla 22
Cuadro de análisis de varianza del atributo dulce

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
masa	1	0.0001	0.00009	0.0004	0.98492
aislamiento	1	0.0090	0.00900	0.0362	0.85013
masa*aislamiento	1	0.9797	0.97969	3.9430	0.05472
Residuo	36	8.9446	0.24846		
Total	39	9.9334			

CV 33.45 %

Tabla 23
Cuadro de análisis de varianza del atributo nuez

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
masa	1	0.6126	0.61256	1.46514	0.23400
aislamiento	1	0.1010	0.10100	0.24158	0.62605
masa*aislamiento	1	0.3404	0.34040	0.81418	0.37288
Residuo	36	15.0513	0.41809		
Total	39	16.1052			

CV 43.14 %

Tabla 24
Cuadro de análisis de varianza del atributo frutas secas

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.0172	0.01722	0.03218	0.85864
Aislamiento	1	0.0065	0.00650	0.01215	0.91284
Masa Aislamiento	1	0.1550	0.15500	0.28962	0.59378
Residuo	36	19.2670	0.53519		
Total	39	19.4457			

CV 64.75 %

Tabla 25
Cuadro de análisis de varianza del atributo frutas frescas

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.1809	0.18090	0.254098	0.61728
Aislamiento	1	0.0483	0.04830	0.067846	0.79598
Masa Aislamiento	1	0.0681	0.06806	0.095602	0.75896
Residuo	36	25.6298	0.71194		
Total	39	25.9271			

CV 81.07 %

Tabla 26
Cuadro de análisis de varianza del atributo floral

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.0970	0.09702	0.23731	0.62911
Aislamiento	1	0.0429	0.04290	0.10494	0.74786
Masa Aislamiento	1	0.3294	0.32942	0.80574	0.37535
Residuo	36	14.7185	0.40885		
Total	39	15.1878			

CV 105.3 %

Tabla 27
Cuadro de análisis de varianza del atributo especies

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
masa	1	0.9151	0.91506	3.7361	0.061144
aislamiento	1	0.4101	0.41006	1.6742	0.203931
masa*aislamiento	1	0.9579	0.95790	3.9110	0.055665
Residuo	36	8.8173	0.24492		
Total	39	11.1003			

CV 84.2 %

Anexo 10. Análisis Estadístico del pH de la testa y cotiledón del grano de cacao

Tabla 28

Cuadro de análisis de varianza del pH testa

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.023408	0.023408	3.6671	0.091825
Aislamiento	1	0.099008	0.099008	15.5104	0.004306
Masa*Aislamiento	1	0.020008	0.020008	3.1345	0.114609
Residuo	8	0.051067	0.006383		
Total	11	0.193492			

CV = 2.18 %

Presenta diferencia significativa del factor aislamiento

Tabla 29

Test de Tuckey del pH testa del factor aislamiento

Grupos	Tratamientos	Medias
a	sinaislam	3.761667
b	conaislam	3.58

Tabla 30

Cuadro de análisis de varianza del pH cotiledón

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	0.005633	0.005633	0.7511	0.41136
Aislamiento	1	0.086700	0.086700	11.5600	0.00936
Volumen*Aislamiento	1	0.038533	0.038533	5.1378	0.05317
Residuo	8	0.060000	0.007500		
Total	11	0.190867			

CV = 2.29 %

Presenta diferencia significativa del factor aislamiento

Tabla 31

Test de Tuckey del pH cotiledón del factor aislamiento

Grupos	Tratamientos	Medias
a	sinaislam	3.861667
b	conaislam	3.691667

Anexo 11. Análisis Estadístico del porcentaje de acidez de la testa y cotiledón del grano de cacao

Tabla 32

Cuadro de análisis de varianza de acidez de la testa del grano de cacao

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	5.6307	5.6307	35562	0.000000
Aislamiento	1	0.0261	0.0261	165	0.000001
Masa*Aislamiento	1	0.0003	0.0003	2	0.205962
Residuo	8	0.0013	0.0002		
Total	11	5.6584			

CV = 1.37 %

Presenta diferencia significativa del factor masa

Tabla 31

Test de Tuckey de la acidez de la testa del factor masa

Grupos	Tratamiento	Medias
a	masa150kg	1.605
b	masa500kg	0.235

Presenta diferencia significativa del factor aislamiento

Tabla 32

Test de Tuckey de la acidez de la testa del factor aislamiento

Grupos	Tratamientos	Medias
a	sinaislam	0.9666667
b	conaislam	0.8733333

Tabla 33

Cuadro de análisis de varianza de la acidez del cotiledón del grano de cacao

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Masa	1	3.3496	3.3496	25122.3	0.0000e+00
Aislamiento	1	0.0192	0.0192	144.0	2.1439e-06
Masa*Aislamiento	1	0.0243	0.0243	182.2	8.6968e-07
Residuo	8	0.0011	0.0001		
Total	11	3.3942			

CV = 1.67 %

La tabla 33 nos muestra diferencia significativa para el factor “masa”, “aislamiento” y la interacción de ambos factores.

2. Desdoblado interacciones:

- Desdoblado Masa dentro de cada nivel de aislamiento:

Tabla 33

Cuadro de análisis de varianza de la masa dentro de cada nivel de aislamiento para la acidez del cotiledón

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
Aislamiento	1	0.01920	0.01920	144	0
Masa:Aislamiento conaislam	1	1.40167	1.40167	10512.5	0
Masa:Aislamiento sinaislam	1	1.97227	1.97227	14792	0
Residuo	8	0.00107	0.00013		
Total	11	3.39420	0.30856		

Tabla 34

Test de Tuckey de la acidez del cotiledón del factor masa dentro del nivel con aislamiento

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	1.133333
b	2	0.166667

Tabla 35

Test de Tuckey de la acidez del cotiledón del factor masa dentro del nivel sin aislamiento

Grupos	Tratamientos	Medias
a	1	1.303333
b	2	0.156667

- Desdoblado aislamiento dentro de cada nivel de masa:

Tabla 36

Cuadro de análisis de varianza de la masa dentro de cada nivel de aislamiento para la acidez del cotiledón

	GL	SQ	QM	Fc	Pr.Fc
Volumen	1	3.34963	3.34963	25122.25	0
Aislamiento:volumen masa150kg	1	0.04335	0.04335	325.125	0
Aislamiento:volumen masa500kg	1	0.00015	0.00015	1.125	0.3198
Residuo	8	0.00107	0.00013		
Total	11	3.39420	0.30856		

Tabla 37

Test de Tuckey de la acidez del cotiledón del factor aislamiento dentro del nivel de masa 150 Kg

Grupos	Tratamientos	Medias
a	2	1.303333
b	1	1.133333

Anexo 12: Evaluación del análisis físico del grano de cacao seco y fermentado

Análisis	Evolución de la Temperatura												
	Cajón de 500 kg						Cajón de 150 kg						
	Sin aislamiento			Con aislamiento			Sin aislamiento			Con aislamiento			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Humedad	7.2	7.4	7	7.3	7.5	7	7.1	7.3	7	7.4	7.2	7.5	
Peso (100 semillas)	149	151	151	149	154	154	150	149	155	160	151	141	
pH	4.65	5	4.7	4.8	4.64	4.86	4.9	4.76	4.65	4.61	5.03	5.38	
Defectos físicos	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Insecto													
Moho													
Partido		1			1						1		
Pasilla	1		1	1	1				1	1		0	
Germinado													
Múltiple			1				1						
Total de defectos	1	1	2	1	2	0	1	0	1	1	1	0	
Grado de fermentación (Método de corte)													
Grano bien Fermentado	BFMO	55	50	59	65	60	68	60	59	62	66	64	69
	BFM	1	3	5	5	3	6	5	7	4	4	6	5
	BFML	5	7	3	4	5	2	4	0	1	2	2	3
Grano parcial Fermentado	PFM	25	22	19	15	18	14	20	24	19	18	17	15
	PFV	0	0	2	0	0	1	0	1	4	0	1	2
	PFML	2	3	0	3	5	2	3	4	3	4	2	3
Grano no Fermentado	NFV	5	9	6	3	5	3	4	3	3	1	4	1
	NFP	0	0	1	0	0	1	2	1	3	1	2	0
	NFML	6	5	3	4	2	3	1	1	0	3	1	2
% Fermentación	75	73	78	83	80	85	81	81	80	83	82	87	

Anexo 13. Evaluación de la temperatura en el proceso de fermentación del segundo ensayo (Cooperativa Allima Cacao).

Horas de fermentado	Evolución de la Temperatura											
	Masa de 500 kg						Masa de 150 kg					
	Sin aislamiento			Con aislamiento			Sin aislamiento			Con aislamiento		
	Ts	Tm	Tb	Ts	Tm	Tb	Ts	Tm	Tb	Ts	Tm	Tb
0	30.3	29.9	29.6	29.3	30.5	29.6	28.1	28.8	29.0	29.4	28.6	28.9
6	33.1	31.9	31.3	31.8	32.1	31.6	30.9	30.4	30.8	31.4	30.3	30.1
12	37.1	35.0	32.8	36.4	33.5	32.1	34.5	33.6	33.2	35.1	33.2	32.4
18	38.1	35.7	33.0	38.5	35.3	33.7	35.4	35.4	34.0	35.6	34.5	33.0
24	39.3	36.3	33.1	40.4	37.4	34.2	36.9	36.7	34.1	36.7	35.9	33.4
30	39.9	37.4	33.5	41.5	38.9	36.2	41.3	38.4	33.7	39.6	36.6	33.6
36	40.6	37.8	33.8	41.7	39.5	34.2	42.4	39.7	33.9	42.7	39.3	34.3
42	42.0	37.6	33.6	41.9	40.3	34.2	42.4	40.4	34.4	42.2	38.5	34.1
48	42.6	38.1	33.5	42.2	40.7	34.2	42.7	40.4	34.4	42.5	39.6	34.0
54	42.1	37.6	35.6	39.8	40.7	38.6	40.3	40.5	37.2	36.6	39.7	38.7
60	44.2	39.4	37.6	42.6	41.8	41.8	37.6	39.1	39.8	38.5	41.0	41.8
66	46.4	41.1	40.1	45.6	42.3	43.6	42.1	41.3	42.2	45.8	44.0	42.5
72	46.1	42.6	40.7	45.8	43.1	44.6	46.6	44.9	45.5	48.6	46.2	42.9
78	44.4	44.3	42.8	45.9	44.9	44.2	43.6	45.8	44.5	47.8	46.7	46.2
84	45.2	44.2	41.8	46.2	45.1	42.4	45.4	44.7	44.6	47.1	47.2	43.8
90	46.5	44.8	40.8	46.3	45.2	43.7	45.7	44.6	42.4	46.3	45.7	40.9
96	47.6	44.7	41.0	46.5	45.7	44.7	45.5	45.4	42.2	45.6	43.9	39.6
102	44.6	44.6	44.3	45.8	45.3	44.6	44.4	44.4	44.8	47.1	44.0	43.3
108	44.9	44.8	43.5	46.1	45.5	43.0	46.7	46.5	43.9	50.2	47.4	42.8
114	46.8	45.0	41.9	45.7	44.8	44.7	47.0	46.1	42.5	49.9	48.0	44.6
120	46.0	45.2	42.5	45.2	44.6	45.1	46.9	45.7	42.8	49.8	47.9	44.3
126	45.6	44.8	43.5	47.7	44.4	39.8	47.2	46.1	44.3	48.8	48.8	45.6
132	46.0	45.4	43.1	47.2	43.8	39.9	47.2	44.3	44.5	48.7	48.3	44.0
138	48.0	45.8	42.7	48.0	44.4	38.6	47.0	45.3	42.9	47.8	46.8	41.4
144	48.1	45.9	43.4	48.1	45.3	40.3	46.9	46.8	41.5	46.6	45.0	38.7
150	44.7	45.0	43.6	48.9	47.7	42.3	47.0	46.0	43.7	46.5	44.8	40.4
156	45.3	45.3	43.2	47.7	47.0	42.9	47.1	47.1	43.3	48.2	47.1	43.8
162	46.7	45.2	41.9	47.0	46.6	42.8	48.6	47.9	41.9	49.1	48.1	44.0
168	46.3	45.1	42.5	47.9	47.1	42.7	47.6	47.3	43.0	48.0	46.7	42.5

Anexo 14. Contenido de sólidos solubles de la pulpa fresca del cacao

Tratamientos (Masa)	Aislamiento (Bloque)	Repeticiones	% SS
(Masa de 500 kg)	Sin aislamiento	R1	18.90
		R2	19.30
		R3	18.30
	Con aislamiento	R1	18.60
		R2	19.00
		R3	18.70
(Masa de 150 kg)	Sin aislamiento	R1	17.00
		R2	18.00
		R3	18.80
	Con aislamiento	R1	13.90
		R2	16.40
		R3	17.00

Anexo 15. Rendimiento del cacao fermentado

Tratamiento (Masa)	Aislamiento (Bloque)	Repeticiones	Granos de cacao en baba (Kg)	Granos de cacao seco (Kg)	Rendimiento
Masa de 500 kg	Sin aislamiento	R1	500	164.50	32.90%
		R2	500	165.00	33.00%
		R3	500	163.50	32.70%
		PROMEDIO	500	164.33	32.87%
	Con aislamiento	R1	500	159.50	31.90%
		R2	500	157.00	31.40%
		R3	500	158.50	31.70%
		PROMEDIO	500	158.33	31.67%
Masa de 150 kg	Sin aislamiento	R1	150	51.75	34.50%
		R2	150	51.15	34.10%
		R3	150	50.10	33.40%
		PROMEDIO	150	51.00	34.00%
	Con aislamiento	R1	150	54.00	36.00%
		R2	150	53.25	35.50%
		R3	150	52.50	35.00%
		PROMEDIO	150	53.25	35.50%

Anexo 16. Puntajes de la valuación del licor de cacao.

Tratamiento (Masa)	Aislamiento (Bloque)	Repeticiones	Puntaje
Masa de 500 kg	Sin aislamiento	R1	69.40
		R2	68.90
		R3	67.65
		PROMEDIO	68.7
	Con aislamiento	R1	72.70
		R2	71.00
		R3	69.90
		PROMEDIO	71.2
Masa de 150 kg	Sin aislamiento	R1	68.37
		R2	65.55
		R3	66.10
		PROMEDIO	66.7
	Con aislamiento	R1	70.05
		R2	74.05
		R3	72.60
		PROMEDIO	72.2