

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					
	CARTA DE AUTORIZACIÓN					
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA 1 de 2

Neiva, 23/09/2022

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Luis Eduardo Oliveros Trochez, con C.C. No. 1007677867,

Martín Camilo Polo Arias, con C.C. No. 1077877695,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

Titulado Análisis comparativo de los procesos de beneficio evaluando diferentes variables en la fermentación del theobroma cacao l. en la central de beneficio de la asociación de productores de cacao asocagigante del municipio de Gigante – Huila

presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS					
	CARTA DE AUTORIZACIÓN					
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA 2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores" , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Luis E. Oliveros

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Martin Polo

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Oliveros Trochez	Luis Eduardo
Polo Arias	Martín Camilo

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cano Ramírez	Oscar Ricardo
Calderón Alvarado	Luis Fernando

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Garzón

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022

NÚMERO DE PÁGINAS: 20

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas ☒ Fotografías ☒ Grabaciones en discos ☐ Ilustraciones en general ☐ Grabados ☐ Láminas ☐
Litografías ☐ Mapas ☐ Música impresa ☐ Planos ☐ Retratos ☐ Sin ilustraciones ☐ Tablas o Cuadros ☒

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS				   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO					
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA 2 de 4

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español	Inglés
1. Fermentación	Fermentation
2. Beneficio	Benefit
3. Cacao	Cocoa
4. Humedad relativa	Relative humidity
5. Grados Brix	Brix degrees
6. pH	pH
7. Temperatura	Temperature

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El proyecto de investigación estudió el comportamiento del cacao en la fase de fermentación, mediante la comparación de 3 muestras con diferentes cantidades, analizando las variables que intervienen en el proceso y proponiendo nuevas estrategias que contribuyen al mejoramiento de las características, con el fin de aprovechar la materia prima y la mano de obra disponible en la asociación de productores para llevar a cabo dicho proceso.

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de beneficio de la asociación de productores de cacao (ASOCAGIGANTE) ubicada en el municipio de gigante, en donde se evaluó la influencia de variables en la fermentación de cacao tales como el PH, grados Brix, condiciones de temperatura(°C), humedad relativa del ambiente(%HR), y temperatura de la masa de cacao antes y durante todo el proceso de fermentado. Para la recolección de los datos se utilizaron lotes de grano constituidos por mezclas de diferentes variedades de cacao y dispuestos en fermentadores de tipo trinitario (cajones de madera) con pequeños orificios, propios para el escurrimiento del mucilago. Se analizaron muestras con cantidades diferentes (350 kg, 400 kg y 450 kg), con 4 repeticiones cada una y en periodos de fermentación entre 5 y 8 días.

El análisis sirvió como base para tener una evaluación de la influencia de las variables mencionadas, considerando la medición y manejo de estas en el proceso de fermentación. Así



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 4
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

mismo, establecer planes de acondicionamiento de la infraestructura que permita controlar los descensos de temperatura en las noches, lo que conlleva a una breve reducción del tiempo de fermentado del grano.

Teniendo en cuenta los resultados y el análisis realizado, se pudo concluir que existen muchos factores que determinan la calidad del cacao fino, desde la cosecha hasta su comercialización, siendo el contenido de sacarosa o grados brix, una de las variables más importantes para desarrollar una buena fermentación. Además, a partir de estos resultados se definió una de las muestras de 450kg como la de mejor beneficio y porcentaje de granos bien fermentados de acuerdo a la evaluación de las variables, la curva de temperatura, tiempo y el análisis físico realizado mediante la prueba de corte.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The research project studied the behavior of cocoa in the fermentation phase by comparing 3 samples with different quantities, analyzing the variables that intervene in the process and proposing new strategies that contribute to the improvement of the characteristics in order to take advantage of the raw material. premium and the labor available in the producers' association to carry out said process.

The research was carried out in the facilities of the processing plant of the Association of Cocoa Producers (ASOCAGIGANTE) located in the municipality of Gigante, where the influence of variables on cocoa fermentation such as PH, degrees Brix, temperature conditions (°C), relative humidity (%RH) of the environment and temperature of the cocoa mass before and during the entire fermentation process. For the collection of the data, batches of grain were used, consisting of mixtures of different varieties of cocoa and arranged in Trinitarian-type fermenters (wooden crates) with small holes, suitable for the runoff of mucilage. Samples with different amounts (350 kg, 400 kg and 450 kg) were analyzed with 4 repetitions each and in fermentation periods between 5 and 8 days.

The analysis served as a basis to have an evaluation of the influence of the mentioned variables, considering the measurement and management of these in the fermentation process. Likewise, to establish plans for the conditioning of the infrastructure that allowed to control the drops in temperature at night, which led to a brief reduction in the fermentation time.

Taking into account the results and the analysis carried out, it was possible to conclude that there are many factors that determine the quality of fine cocoa from harvest to marketing, being the sucrose content or brix degrees one of the most important variables to develop a good fermentation. In addition, based on these results, one of the 450kg samples was defined as the one with the best benefit and percentage of well-fermented grains according to the evaluation of the variables, the temperature-time curve and the physical analysis carried out by means of the cut test.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS				   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO					
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA 4 de 4

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: ALEXANDRA LUNA CUÉLLAR

Firma: *Alexandra Luna Cuéllar* c.c. 55.062.248 Garzón.

Nombre Jurado:

Firma:

Nombre Jurado:

Firma: *S. Ubal P.*

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROCESOS DE BENEFICIO
EVALUANDO DIFERENTES VARIABLES EN LA FERMENTACIÓN DEL
THEOBROMA CACAO L. EN LA CENTRAL DE BENEFICIO DE LA
ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO ASOCAGIGANTE DEL
MUNICIPIO DE GIGANTE – HUILA.**

Trabajo de grado presentado al programa de Ingeniería Agrícola
como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autores:

Luis Eduardo Oliveros Trochez

Cód.20161146828

Martin Camilo Polo Arias

Cód. 20161149703

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Sede Garzón, Huila, Colombia. 2022

Director: Oscar Ricardo Cano Ramírez

Codirector: Luis Fernando Calderón Alvarado

Nota de aceptación

Jurado: Alexandra Luna Cuéllar

Jurado: Luis Humberto Martínez Palmeth

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROCESOS DE BENEFICIO EVALUANDO DIFERENTES VARIABLES EN LA FERMENTACIÓN DEL THEOBROMA CACAO L. EN LA CENTRAL DE BENEFICIO DE LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE CACAO ASOCAGIGANTE DEL MUNICIPIO DE GIGANTE – HUILA.

RESUMEN

El proyecto de investigación estudió el comportamiento del cacao en la fase de fermentación, mediante la comparación de 3 muestras con diferentes cantidades, analizando las variables que intervienen en el proceso y proponiendo nuevas estrategias que contribuyen al mejoramiento de las características, con el fin de aprovechar la materia prima y la mano de obra disponible en la asociación de productores para llevar a cabo dicho proceso.

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de beneficio de la asociación de productores de cacao (ASOCAGIGANTE) ubicada en el municipio de gigante, en donde se evaluó la influencia de variables en la fermentación de cacao tales como el PH, grados Brix, condiciones de temperatura(°C), humedad relativa del ambiente(%HR), y temperatura de la masa de cacao antes y durante todo el proceso de fermentado. Para la recolección de los datos se utilizaron lotes de grano constituidos por mezclas de diferentes variedades de cacao y dispuestos en fermentadores de tipo trinitario (cajones de madera) con pequeños orificios, propios para el escurrimiento del mucilago. Se analizaron muestras con cantidades diferentes (350 kg, 400 kg y 450 kg), con 4 repeticiones cada una y en periodos de fermentación entre 5 y 8 días.

El análisis sirvió como base para tener una evaluación de la influencia de las variables mencionadas, considerando la medición y manejo de estas en el proceso de fermentación. Así mismo, establecer planes de acondicionamiento de la infraestructura que permita controlar los descensos de temperatura en las noches, lo que conlleva a una breve reducción del tiempo de fermentado del grano.

Teniendo en cuenta los resultados y el análisis realizado, se pudo concluir que existen muchos factores que determinan la calidad del cacao fino, desde la cosecha hasta su comercialización, siendo el contenido de sacarosa o grados brix, una de las variables más importantes para desarrollar una buena fermentación. Además, a partir de estos resultados se definió una de las muestras de 450kg como la de mejor beneficio y porcentaje de granos bien fermentados de acuerdo a la evaluación de las variables, la curva de temperatura, tiempo y el análisis físico realizado mediante la prueba de corte.

Palabras clave: fermentación, beneficio, cacao, humedad relativa, grados Brix, pH, temperatura.

Abstract

The research project studied the behavior of cocoa in the fermentation phase by comparing 3 samples with different quantities, analyzing the variables that intervene in the process and proposing new strategies that contribute to the improvement of the characteristics in order to take advantage of the raw material. premium and the labor available in the producers' association to carry out said process.

The research was carried out in the facilities of the processing plant of the Association of Cocoa Producers (ASOCAGIGANTE) located in the municipality of Gigante, where the influence of variables on cocoa fermentation such as PH, degrees Brix, temperature conditions (°C), relative humidity (%RH) of the environment and temperature of the cocoa mass before and during the entire fermentation process. For the collection of the data, batches of grain were used, consisting of mixtures of different varieties of cocoa and arranged in Trinitarian-type fermenters (wooden crates) with small holes, suitable for the runoff of mucilage. Samples with different amounts (350 kg, 400 kg and 450 kg) were analyzed with 4 repetitions each and in fermentation periods between 5 and 8 days.

The analysis served as a basis to have an evaluation of the influence of the mentioned variables, considering the measurement and management of these in the fermentation process. Likewise, to establish plans for the conditioning of the infrastructure that allowed to control the drops in temperature at night, which led to a brief reduction in the fermentation time.

Taking into account the results and the analysis carried out, it was possible to conclude that there are many factors that determine the quality of fine cocoa from harvest to marketing, being the sucrose content or brix degrees one of the most important variables to develop a good fermentation. In addition, based on these results, one of the 450kg samples was defined as the one with the best benefit and percentage of well-fermented grains according to the evaluation of the variables, the temperature-time curve and the physical analysis carried out by means of the cut test.

Keywords: fermentation, benefit, cocoa, relative humidity, Brix degrees, pH, temperature.

INTRODUCCIÓN

El cacao colombiano se produce en 422 municipios de 29 departamentos del país y para el 2020 Santander produjo (26.315 toneladas), Antioquia (5.974 toneladas), Arauca (5.082 toneladas), Tolima (4.312 toneladas) y Huila (4.197 toneladas), ocupando los primeros cinco puestos de la lista, seguidos de Nariño, Cundinamarca, Meta, Norte de Santander, Cesar, Caldas, Boyacá y Putumayo, quienes aportan más de 1000 toneladas a la producción nacional cada uno. (FEDECACAO, 2021)

En Colombia, el cultivo de cacao tiene una importancia socioeconómica significativa, porque se cultiva en zonas de economía rural con altos niveles de pobreza y predominio de conflictos sociales. El 95 % de los cacaocultores son pequeños campesinos, que cultivan el producto en un área promedio de tres hectáreas y en zonas con limitaciones edáficas. Además, el cacao se siembra como alternativa a los cultivos con fines ilícitos (MADR, 2018) citado por (Jaimes et al., 2021).

La cosecha marca el final del crecimiento productivo del cultivo; sin embargo, a su vez, es el inicio de la preparación y acondicionamiento del grano para el mercado. El beneficio del grano no solo enmarca los procesos de fermentación y secado, inicia desde la recolección de frutos, garantizando su madurez fisiológica y su estado para un óptimo consumo. La poscosecha del grano de cacao, consiste en cosechar, desgranar, fermentar, secar, limpiar y seleccionar el grano, garantizando así una óptima calidad (Mejia C, 2018).

La fermentación del cacao, es una etapa importante en el procesamiento del grano, ya que se producen cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor, lo que determina su calidad física y sensorial. En esta fase se desarrolla la pigmentación color marrón a partir de compuestos fenólicos lo cual es un indicativo de la fermentación del grano de cacao. Además, los contenidos de poli fenoles alcaloides (cafeína y teobromina) y acidez volátil (en especial el ácido acético), son indicadores de la calidad organoléptica del cacao (Rivera., Fernández et al., 2012) citado por (Erazo et al., 2021). Sin embargo, la fermentación de cacao sigue siendo un procedimiento empírico, para muchos productores que poseen deficiencias tecnológicas y como consecuencia se generan pocas ganancias económicas, debido a que se presenta una calidad variable como lo menciona (Garcia et al., 2021). El desconocimiento del efecto que provocan los factores en el proceso fermentativo, como también, la variabilidad de los distintos tipos de cacao nacional en las características físico-químicas en conjunto con las tecnologías y principios básicos de un adecuado manejo poscosecha (Aldas et al., 2020).

Las investigaciones realizadas en los procesos de poscosecha y transformación del cacao son diversas, todas tienen la finalidad de mejorar el proceso de fermentación del cacao en sus atributos sensoriales para así poder facilitar los procesos de transformación dentro de los sistemas de producción industrial, artesanal e incluso en lo gastronómico de acuerdo a (Ayala et al., 2020) citado por (Rios, 2022)

De acuerdo con lo descrito anteriormente, se realiza esta investigación con el objetivo de buscar el mejoramiento de la calidad del cacao de la asociación, ASOCAGIGANTE, tomando como base, la determinación de la capacidad de fermentación de los cajones, tipo trinitarios, más adecuada, en complemento con los procesos empíricos que venían implementando los trabajadores de la planta, en conjunto con actividades de medición de variables inmersas en la fermentación de la almendra de cacao, para optimizar el tiempo y el trabajo realizado en dicho proceso.

MATERIALES

- Cinco (5) cajones de fermentación elaborados en madera con capacidad de 500 kg enumerados y distribuidos en orden ascendente para facilitar las labores de volteo...
- Una (1) balanza electrónica con capacidad de 200 kg ideal para medir peso inicial y peso final
- Un (1) mini termómetro TESTO ideal para medición en líquidos. medición de temperatura con un rango de -50 hasta +150 °C con una precisión ± 1 °C.
- Un (1) Datalogger de temperatura HANNA HI 148 son ideales para monitorear la temperatura en un rango de -40° a 125°C; con una precisión de ± 0.5 °C y 16.000 lecturas, intervalos de registro programables desde 1 segundo hasta 24 horas.
- Un (1) Refractómetro Portátil con compensación automática de temperatura Marca BRISCO, °Brix Escala 00~32% Brix Resolución: 0.2%.
- Un (1) Tester de pH/Temperatura HANNA: compensación automática de temperatura, función HOLD, temperatura en ° C o ° F; rango pH -2.0 hasta 16.0 pH; rango temperatura -5.0°C hasta 60.0° C / 23.0 hasta 140.0° F y una precisión de pH 0.1.
- Un (1) Termo higrómetro digital JUMBO sin sonda doble display con rango de temperatura de entre -10+50°C y humedad relativa entre el 20% - 90% H.R y una precisión: ± 1 °C / ± 10 % HR.

METODOLOGÍA

Localización

El área de estudio donde se realizó el proyecto fue en las instalaciones de la planta de beneficio de la asociación ASOCAGIGANTE, ubicada a pocos minutos de la cabecera municipal de Gigante, más específicamente en el kilómetro 1 vía a la vereda El Tendido, en la zona se presentan una temperatura promedio de 24°C, con una altura de 860 m.s.n.m, sus coordenadas son 2°23'12.36" N y 75°31'46.02" O. A continuación, se muestra la imagen del satélite de la planta de beneficio asocagigante.



IMAGEN 1. Vista satelital de la planta de beneficio

Ubicación del área de beneficio

Las instalaciones para el beneficio del cacao de los asociados ASOCAGIGANTE se encuentran a pocos minutos del municipio de Gigante sobre la vía que conduce a la vereda El Tendido, para llevar a cabo los procesos de fermentación, secado, selección y empaclado del cacao la asociación adecuo una antigua planta de sacrificio bovino que fue clausurada anteriormente, se instalaron cajones de madera secuencialmente para la fermentación y un secador solar tipo multi-túnel.

Se utilizaron lotes de grano suministrado por diferentes productores de la asociación de cacaoteros distribuidos en 3 cantidades: 350 kg, 400 kg y 450 kg.

Estudio del área y calibración de los equipos

Se realizaron 5 visitas a la planta de beneficio de la asociación, previas al inicio de la etapa de ejecución del proyecto, con el fin de reconocer el área de trabajo e identificar los métodos que emplean los trabajadores de la asociación en el proceso de fermentación del cacao, así como también conocer el funcionamiento de los equipos a utilizar tales como medidores de grados brix, temperatura, humedad del ambiente y de la masa. Se calibró el pH-metro utilizando en primera instancia la solución buffet pH 4.01, marca *Hanna*, hasta lograr que se estabilizara el electrodo, seguidamente se empleó la solución buffet pH 7.01 y realizamos la medición de la muestra, terminando con las soluciones de limpieza y almacenamiento, con el fin de mantener el correcto desempeño del equipo. Para el Datalogger Hanna HI-148 es necesario instalar en el pc un software con el fin de ejecutar la programación y la recolección de los datos (curva temperatura – tiempo).

En cuanto a los medidores de temperatura y húmeda relativa o termohigrómetros, se utilizaron varios de diferentes marcas (Hanna, Brixco y Cem), cuyas diferencias entre ellos no superaba el error permisible, según el nivel de precisión de cada equipo.

Adicionalmente, se visitó la finca de uno de los mayores productores de cacao y socio fundador de la asociación, ASOCAGIGANTE, con el objetivo de conocer, de primera mano, tanto el mantenimiento del cultivo como el proceso de cosecha del grano, previo a su arribo a la planta de beneficio, siguiendo toda la cadena de producción en las actividades de fermentación, secado, selección y embalaje del producto destinado a los diferentes mercados. La visita se realizó a manera de trabajo de campo, para identificar la procedencia de la materia prima que se utilizaría en la investigación, puesto que las grandes cantidades necesarias para la ejecución (mínimo 1.200 kilos por repetición), no se podía limitar a una sola finca proveedora, ya que la asociación se compone principalmente de pequeños cacaoteros, los cuales llevan su producción quincenal en bajas cantidades a la planta de beneficio de la asociación, (alrededor de 200 kilos por productor, cada 15 días). Allí se mezcla el cacao de varias compras para así iniciar el proceso de fermentación en cajones que almacenan entre 300kg a 500kg de producto. Éste es uno de los grandes retos a los que se enfrenta la asociación, lidiar con granos de cacao tan heterogéneos, en cuanto a su nivel de maduración, tamaño del grano, fermentación previa, sanidad, etc.

Proceso de fermentación

Según la norma técnica colombiana (ICONTEC 5811, 2010) el proceso de fermentación requiere de 4 a 8 días, dependiendo del tipo de cacao, exigencias del comprador y condiciones climáticas de la zona, se deben realizar volteos o remociones con el fin de airear la masa y facilitar la acción de los microorganismos.

Las muestras de cacao fueron fermentadas en cajones, tipo trinitario contruidos en madera dispuestos y enumerados en una línea secuencial, con el ánimo de facilitar las labores de volteo; dicho proceso fue llevado a cabo en periodos de mínimo 5 días y máximo 9 días, con diferentes masas de grano (350kg, 400kg, y 450 kg).

El proceso de fermentación inicia cuando los productores realizan su cosecha en la plantación, allá desgranar las mazorcas de cacao y depositan la pulpa en sacos de fibra con bolsas de plástico en su interior, con el fin de no desperdiciar el mucilago, sustancia indispensable para que se realice un buen proceso de fermentación y se garantice una buena calidad del producto. Posteriormente, el asociado transporta estos sacos hasta la planta, se hacen los respectivos pesajes de “cacao en baba”, como se le conoce a este estado de comercialización y se procede a depositar esta masa en un cajón especial, que tiene una capacidad de 2000 kg o en canastas plásticas. Ésta es la fase de pre-escurrido y tiene una duración de entre 12 y 24 horas en donde se extrae de la masa el mayor porcentaje de mucilago.

El proceso de fermentación continua con la fase de escurrido, que comprende un periodo de 24 a 48 horas, donde se deposita la masa pre-escurrida, de la fase anterior, en los cajones trinitarios donde se realiza el resto del proceso. En términos técnicos a esta parte se le conoce como fermentación alcohólica, en donde el azúcar natural del cacao se transforma en glucosa de etanol en un medio anaeróbico (ausencia de oxígeno) (Loayza Lozano, 2014). Cuando se consumen los

azúcares del mucilago, aumenta la concentración de alcohol y se produce la muerte de las levaduras. Estos procesos que se generan en la fermentación producen cambios fisicoquímicos que tienen gran influencia en la calidad del grano (Pérez y Contreras, 2017) citado en (García et al, 2019).

La siguiente etapa se le conoce como fermentación acética, que inicia con la remoción de la masa que se encontraba en reposo en la fase anterior, esto con el fin de aportarle oxígeno a los granos necesario para convertir el alcohol, en ácido acético, durante este proceso se monitorea la temperatura de la masa y se realizaron volteos periódicos cada 24 horas, como lo recomienda (Arvelo et al., 2017), hasta que la temperatura deja de aumentar y empieza a disminuir, posteriormente se efectúa la prueba de corte del grano, como análisis físico para conocer el porcentaje de fermentación y continúa con la fase final del beneficio del cacao en la planta que corresponde al secado solar.

La recolección de datos de las variables pH, temperatura de la masa, grados brix, temperatura y humedad ambiente se llevaron a cabo en los tiempos de recepción del cacao en la planta y la primera etapa de pre-escurrido. Para el monitoreo de la temperatura durante todo el proceso de fermentación, se utilizó un computador en la programación del datalogger, a partir de su software HANNA HI-148. A continuación, se muestra la disposición de los cajones de fermentación.



IMAGEN 2. Cajones para fermentación de cacao

RESULTADOS

Condiciones de temperaturas, humedad relativa, °Brix y pH

En la tabla N° 1 se presentan las variables de peso inicial, temperatura masa, temperatura ambiente, humedad relativa, °Brix y pH, adicional durante el proceso se recolectaron datos de las temperaturas mínimas y máximas encontradas por el datalogger. Así como la cantidad de masa obtenida al finalizar el proceso en los días de fermentación.

TABLA 1. Información recolectada de las muestras estudiadas.

No.	Fecha	Días de ferm.	Cant. inicial (kg)	Cant. final (kg)	Temp. mínima (°C)	Temp. máxima (°C)	Temp. masa (°C)	Temp. ambiente (°C)	Hum. relativa (%)	°Brix	Ph
1	23-ene	7 días	450	409.14	27.6°	50.4°	29.4°	28.4°	70%	18.8°	4.37
2	25-abr	7 - 8 días	350	318.22	22.6°	49.8°	27.0°	31.5°	48%	17°	3.37
3	11-jul	5 días	400	370.89	25.9°	35.3°	23.7°	28.7°	53%	15.6°	3.72
4	7-ago	8 - 9 días	450	403.30	29.4°	47.0°	26.6°	30.1°	41%	16.6°	3.37
5	28-ago	7 días	400	360.50	28.3°	49.6°	28.2°	31.6°	51%	16.9°	3.47
6	4-sep	7 días	350	320.68	29.8°	46.4°	25.3°	34.4°	42%	16.2°	3.35
7	11-sep	6 - 7 días	450	405.18	31.5°	49.6°	27.4°	29.5°	62%	20.2°	3.38
8	18-sep	6 - 7 días	400	363.68	32.5°	47.5°	26.3°	29.1°	47%	18°	3.77
9	25-sep	7 días	400	362.10	30.4°	46.1°	29.8°	26.6°	61%	17.8°	3.93
10	2-oct	5 - 6 días	450	407.55	29.4°	49.3°	27.2°	29.6°	51%	17.2°	4.06
11	9-oct	5 - 6 días	350	321.92	25.4°	47.2°	27.9°	28.9°	63%	19.9°	3.41
12	16-oct	6 - 7 días	350	317.79	29.0°	48.9°	26.6°	25.4°	73%	18.4°	4.46

En el estudio se plantearon 3 tratamientos diferentes, utilizando 3 cajones trinitarios, en los que se vertieron distintas cantidades de masa de cacao en baba (350kg, 400kg, 450kg), con 4 repeticiones. En total se emplearon 12 muestras, 4 de cada tratamiento y todas con sus respectivas mediciones de las variables en el proceso de fermentación, desde la llegada del producto a la planta, iniciando con la medición del pH, grados brix y temperatura inicial de la masa. Además, se recolectaron datos de temperatura respecto al tiempo, en el que se llevó a cabo el proceso, para esto se programó el *Datalogger HANNA hi-148*, a intervalos de media hora, recolectando y almacenando alrededor de 200 a 400 datos, de acuerdo a los días fermentados en cada una de las muestras.

La medición de temperatura en el proceso de fermentación resulta de gran importancia en el momento de realizar las labores de volteo de la masa de cacao, ya que cuando se presentan altas temperaturas se debe hacer una remoción del grano, evitando el crecimiento de hongos y conservando un fermentado más homogéneo. Además, cuando está finalizando el proceso de fermentación, la temperatura es un indicador que sugiere el momento idóneo para retirar la masa del cajón y pasarla al secado.

1. CURVA TEMPERATURA VS TIEMPO (Primer tratamiento de 350 kg.)

En la imagen 3, se aprecia información de una de las muestras recolectadas en la planta de beneficio ASOCAGIGANTE, la muestra de 350 kg, seleccionada entre las 4 repeticiones de la misma cantidad, los datos se recogieron en el mes de octubre de 2021, en una fermentación de 6 a 7 días. La curva inicia desde las horas de la tarde y desciende levemente con la temperatura ambiente de la noche, posteriormente en el primer día se eleva la temperatura de la masa de acuerdo con el incremento de la temperatura ambiente durante el día. Así mismo, se logran diferenciar oscilaciones en los periodos de remoción de la masa, en los cuales se logra un descenso de la temperatura para las horas de la noche. Aunque en la zona de estudio, la temperatura ambiente baja bastante, no se observa una gran disminución de la temperatura de la masa de cacao fermentada, puesto que ese mes, la Asociación tomó la decisión de colocar una cobertura de plástico negro a los cajones de fermentación, lo que permitió estabilizar la temperatura entre las noches y días fríos, reduciendo los tiempos de fermentación del cacao. La temperatura máxima de la fermentación fue de 47,2°C, la tabla N° 2 presenta la información individual de la muestra.

TABLA 2. Datos individuales de la muestra de 350 kg

fecha	Días de fermentación	Cant. Inicial (kg)	Cant. Final (kg)	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Masa (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Hum relativa	Brix	pH
9-oct	5 - 6 días	350	321.92	25.4°	47.2°	27.9°	28.9°	63%	19.9°	3.41

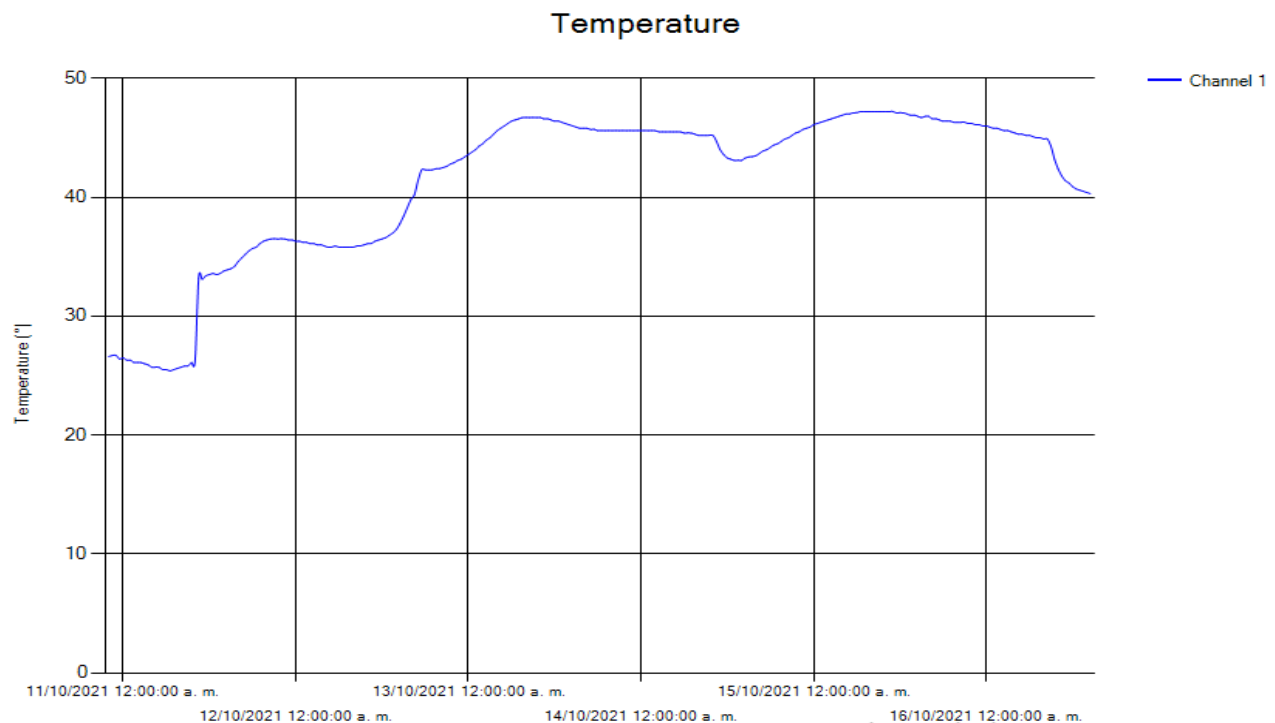


IMAGEN 3. Curva temperatura/tiempo de la muestra de 350 kg

Análisis físico

Luego de llevar a cabo el proceso fermentativo de la muestra, se realizó un análisis físico a 10 almendras de cacao escogidas al azar dentro del cajón trinitario de fermentación, cortándolas de forma longitudinal, con el objetivo de establecer el grado de fermentación que pudieran tener en el momento, a partir de su color y sus detalles internos, en este caso para la muestra de 350 kg, se observó que no se presentaba homogeneidad en los colores de los granos ni en la forma interna, por este motivo se pudo deducir que no fue la mejor muestra analizada y se tuvo que dejar fermentar por más tiempo debido al mayor porcentaje de granos color violeta (indicador de una baja o deficiente fermentación según (Aguilar, 2016) . De esta manera, al continuar con el proceso para nivelar el porcentaje de granos bien fermentados, se incurrió en sobrefermentación de aquellos que ya presentaban características de almendras de cacao bien fermentadas, afectando directamente la calidad sensorial del producto final.



IMAGEN 4. Prueba de corte de la muestra de 350 kg

2. CURVA TEMPERATURA VS TIEMPO (Segundo tratamiento de 400 kg.)

En la imagen 5, se presenta la curva de temperatura respecto al tiempo de fermentación para la muestra de 400 kg de igual manera, seleccionada de entre 4 repeticiones de la misma cantidad. La recolección de los datos se llevó a cabo en el mes de septiembre de 2021 y la duración de la fermentación fue entre 6 y 7 días, en esta representación, se logra apreciar un aumento de la temperatura desde el inicio, con pequeñas oscilaciones en los periodos de remoción de la masa. Al final se observa el punto máximo de temperatura de la masa (47,5°C), en la tabla N° 3 se presenta la información individual de la muestra.

TABLA 3. Datos individuales de la muestra de 400 kg

fecha	Días de fermentación	Cant. Inicial (kg)	Cant. Final (kg)	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Masa (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Hum relativa	Brix	pH
18-sep	6 - 7 días Z	400	363.68	32.5°	47.5°	26.3°	29.1°	47%	18°	3.77

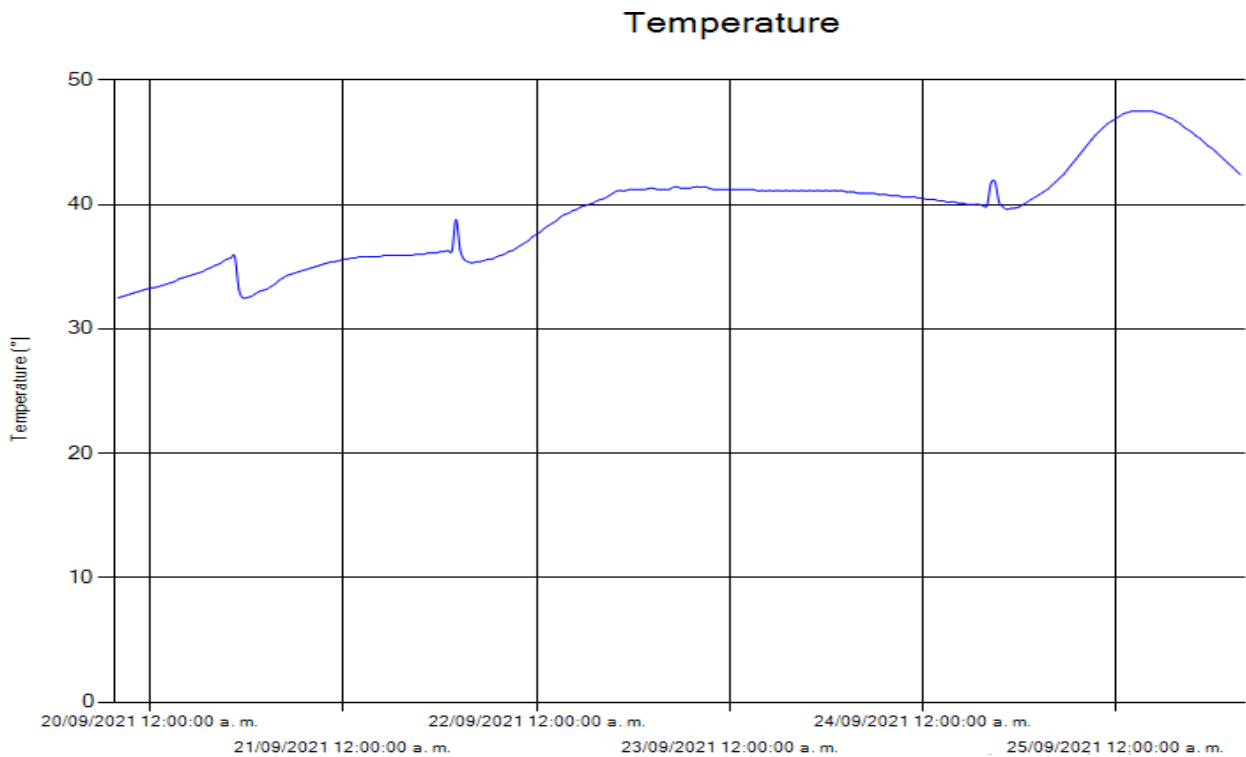


IMAGEN 5. Curva temperatura/tiempo de la muestra de 400 kg

Análisis físico

Para el tratamiento de 400 kilos, ocurrió algo similar, cuando se efectuó la prueba de corte, se evidenciaba que faltaba un tiempo, de poco más de un día para culminar el proceso, como lo muestra los granos del costado derecho de la imagen, con una tonalidad morado oscuro. Sin embargo, esta muestra tampoco fue homogénea en su proceso, pues se logra apreciar granos con tonalidad pálida en la parte izquierda, lo que indica una fermentación deficiente y posible formación de hongos que afectan directamente la calidad del producto.



IMAGEN 6. Prueba de corte de la muestra de 400 kg

3. CURVA TEMPERATURA VS TIEMPO (Tercer tratamiento de 450 kg.)

En la imagen 7, se aprecia la información de la curva de fermentación para la muestra de 450 kg, la cual también fue seleccionada entre 4 repeticiones o muestras de la misma cantidad, los datos fueron tomados en el mes de septiembre de 2021 en una fermentación de 6 a 7 días, en esta grafica se evidencia el aumento en la temperatura de la masa desde el inicio del proceso, posteriormente se presentó un gran descenso en el segundo día debido a la labor de volteo, así mismo en el transcurso de la fermentación se observaron oscilaciones en los periodos de remoción de la masa y su temperatura máxima fue de 49,6°C, en la tabla n° 4 se presenta la información individual de la muestra.

TABLA 4. datos individuales de la muestra de 450 kg

fecha	Días de fermentación	Cant. Inicial (kg)	Cant. Final (kg)	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Masa (°C)	Temp. Ambiente (°C)	Hum relativa	Brix	pH
11-sep	6 – 7 días	450	405.18	31.5°	49.6°	27.4°	29.5°	62%	20.2°	3.38

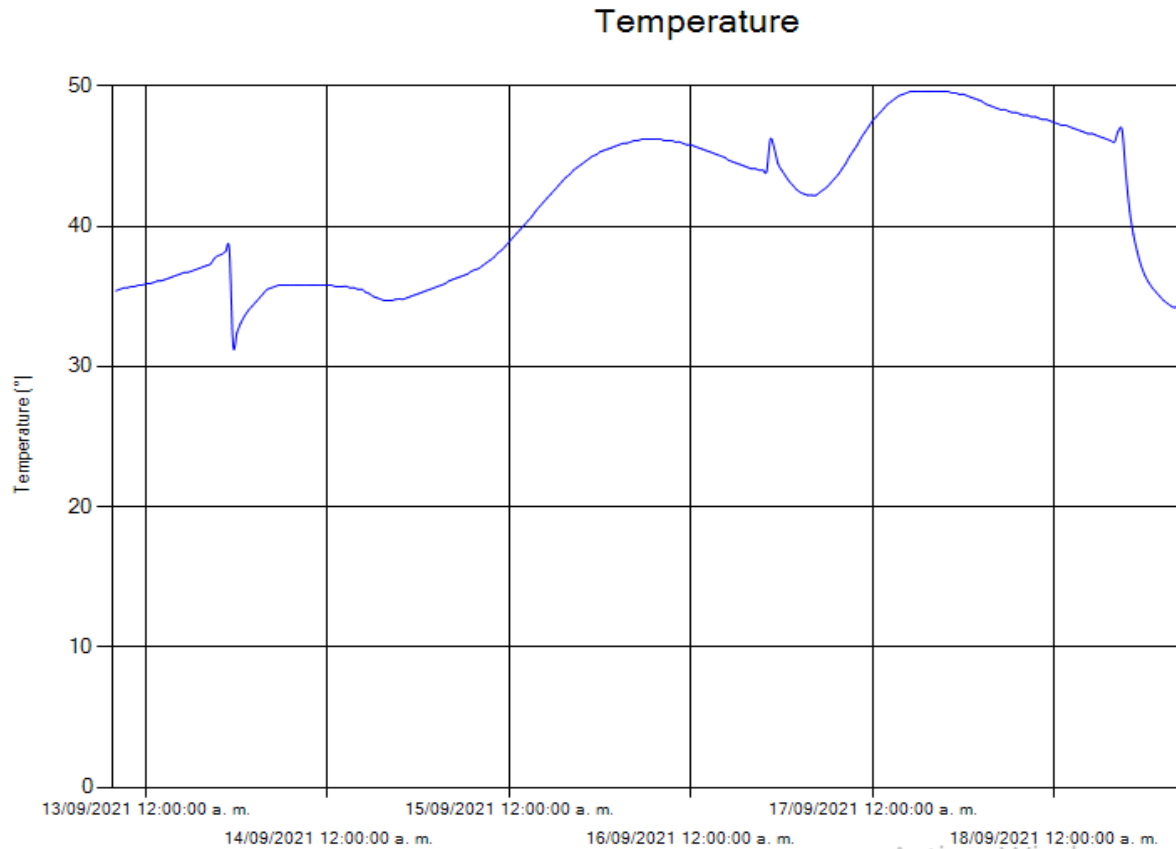


IMAGEN 7. Curva temperatura/tiempo de la muestra de 450 kg

A continuación, se muestra una curva de fermentación típica para cacao especial según (Pérez Beltrán, 2011), en donde la línea roja representa la temperatura interna del cajón de fermentación, podemos analizar como la curva es ascendente en los 3 primeros días con fluctuaciones muy pequeñas debido a los volteos de la masa de cacao.

La curva escogida desde nuestro análisis experimental se asemeja en gran medida en la ascendencia de la temperatura en estos primeros días de la fermentación y en el punto máximo de temperatura lograda que esta cerca de los 50°C. De este modo podemos decir que el proceso de beneficio que realiza la asociación ASOCAGIGANTE está bien encaminada a la producción de cacao fino o de aroma.

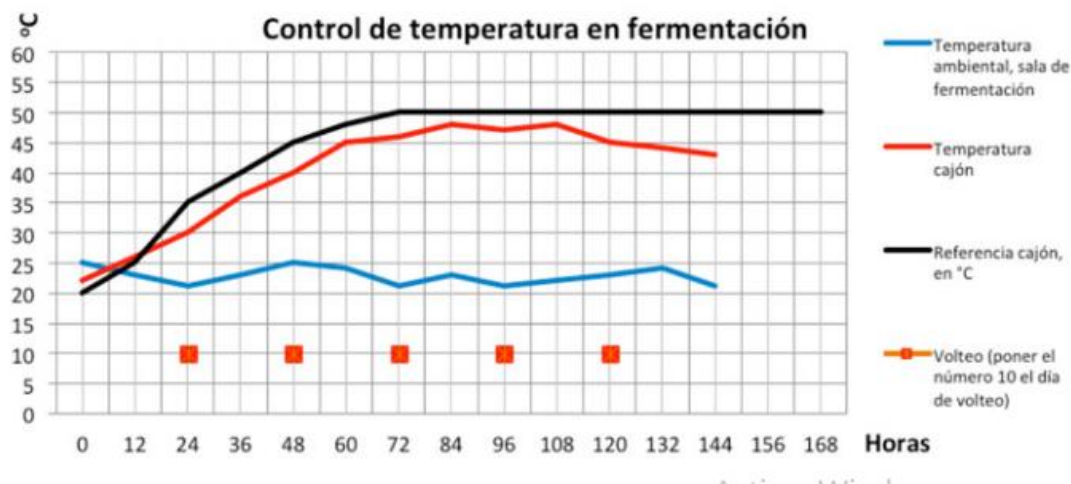


IMAGEN 8. Curva de fermentación típica para cacaos especiales

Análisis físico

Para la muestra de 450 kilos el análisis realizado a partir de la prueba de corte arrojó resultados diferentes respecto a las muestras anteriores, pues en esta se logró apreciar una fermentación mucho más homogénea, con base a los colores y la forma interna y externa del grano, de acuerdo a (Aguilar, 2016), en su manual para la evaluación de la calidad del cacao, en la determinación del porcentaje de granos bien fermentados en una muestra, es preciso que estos presenten una coloración marrón a marrón oscura, además de estrías o cavidades profundas y la testa o cascarilla suelta o fácil de separar. Al observar los granos de la muestra cortados, se pudo analizar que alrededor de un 80% de estos presentaron coloración marrón y el 20% restante un morado oscuro, así mismo, poseían estrías profundas y bien marcadas y corteza fácil de retirar, por todo lo anterior podemos concluir que la muestra de 450 kilogramos tuvo los resultados más favorables en términos de calidad y rendimiento.



IMAGEN 9. Prueba de corte de la muestra de 450 kg

CONCLUSIONES

- Uno de los problemas presentes en el proceso de fermentación es la variabilidad en las condiciones ambientales durante la noche, lo que influye directamente en la temperatura interna de la masa disminuyéndola y por tanto extendiendo el tiempo de fermentación. Esto se debe principalmente a que la infraestructura que posee la asociación para llevar a cabo este proceso no es la adecuada, pues antiguamente era una planta de sacrificio bovino y por esto sus paredes tienen acabados de cerámica y la cubierta muy alta, manteniendo una temperatura más baja que en el exterior.
- Luego de realizar un análisis completo de las variables estudiadas en la fermentación de las diferentes muestras se concluyó que la muestra de 450 kg obtuvo los mejores resultados evidenciados en la curva de temperatura/tiempo y en el análisis físico mediante prueba de corte al culminar la fermentación, de esta manera se logró apreciar que el cacao de esta muestra se fermentó de una forma más homogénea garantizando los estándares de calidad para cacao fino. Esto se dio porque tenemos una mayor masa y volumen dentro del cajón trinitario, permitiendo un aumento de la temperatura interna de la masa y acelerando las reacciones bioquímicas que ocurren durante el proceso, esto se demuestra en la tabla número 4 la cual presenta la temperatura máxima de la muestra (49.6°C) representando una de las más altas de las repeticiones realizadas en la investigación, que además se encuentra en el rango de temperatura en la que se da correctamente la sucesión microbiana y otros procesos bioquímicos que dan origen a los precursores del sabor y aroma para cacao fino o de especialidad. Otra de las ventajas que tiene la muestra de mayor cantidad de cacao es sin duda el aprovechamiento del espacio y la optimización del trabajo realizado en el proceso.
- La prueba de corte es un método de análisis de gran ayuda para conocer el porcentaje de fermentación que tiene una muestra de cacao en determinado momento, a pesar de que no es un método con efectividad del 100% porque requiere de gran experiencia para su interpretación, resulta ser la mejor forma de evaluar el proceso de fermentación en los centros de acopio. Este análisis fue un factor determinante durante la fase experimental, pues se pudo analizar como la variabilidad genética influye directamente en el proceso en términos de tiempo y calidad final. Además, sirvió como base para escoger la muestra de 450 kg como la mejor en el comparativo con las muestras de otras cantidades al llegar a un 80% de granos bien fermentados.
- El tiempo de duración de la fermentación tiene un rango muy amplio que oscila entre los 5 y 9 días, esto es debido a la gran variabilidad genética del cacao cultivado por los asociados, se sabe que el cacao de origen criollo se fermenta mucho más rápido que los clones. Sin embargo, los productores cosechan las mazorcas sin tener en cuenta este factor y mezclan la pulpa de todos los varietales en los sacos para transportar a la planta.
- Cuando se beneficia cacao es importante monitorear la temperatura de la masa en el interior del cajón de fermentación, esta variable resulta el mejor indicador de los periodos en que se deben hacer remociones a la masa para obtener una curva de fermentado adecuada dentro de las exigencias de calidad del cacao fino.

- A pesar de que la labor de beneficio de cacao se sigue realizando de manera tradicional, el acopio de la cosecha de los asociados en la planta resulta determinante para la producción de cacao fino, pues se realiza un monitoreo constante de todo el proceso con mecanismos estandarizados para obtener los porcentajes adecuados de fermentación a partir de la materia prima disponible.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la asociación de productores de cacao ASOCAGIGANTE, establecer un mecanismo de conservación de la temperatura ambiente principalmente para las horas de la noche, esto con el fin de reducir el tiempo de fermentación y evitar problemas de calidad.
- se recomienda a la asociación adquirir equipos para la medición de variables que intervienen en el beneficio del cacao tales como medidores de pH, grados brix y temperatura de la masa de cacao que les permitan llevar a cabo los procesos con más precisión y entrar a competir en los mercados de cacao fino o de aroma.
- Se recomienda a los productores de la asociación y encargados de la planta de beneficio realizar separación del cacao por variedades y granulometría, con lo que pueden garantizar masas de fermentación y secado mucho más homogéneas.

Bibliografía

- Aguilar, Hector (2016). Manual para la Evaluacion de la calidad del cacao. cortés, La Lima, Honduras.
- Aldas, Jhonnatan; Neira, Juan; Revilla, Karol; Sánchez, Sungey (2020). *Métodos de fermentación del cacao nacional (Theobroma cacao L.) y su influencia en las características físicoquímicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.339>
- Arvelo Sánchez, Miguel Ángel; Gonzalez Leon, Diego; Maroto Arce, Steven; Delgado López, Tanya; Montoya López, Paola (2017). Manual tecnico del cultivo de cacao buenas practicas para america latina. instituto interamericano de cooperacion para la agricultura.
- Brunetto, M. R., Gallignani, M., Orozco, W., Clavijo, S., Delgado, Y., Ayala, C., & Zambrano, A. (2020). El efecto de la fermentación y el tostado en el perfil de aminoácidos libres en cacao criollo (Theobroma cacao L.) cultivado en Venezuela. *Revista Brasileña de Tecnología de Alimentos*. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15019>
- Erazo Solorzano ,Cyntia; Bravo Franco, Kerly; Túarez Garcia, Diego; Fernández Escobar, Ángel; Torres Navarrete Yenny; Vera Chang, Jaime (2021). Efecto de la fermentacion de cacao (Theobroma cacao L.) variedad nacional y trinitario, en cajas de madera no convencionales sobre la calidad fisica y sensorial de licor de cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8. Obtenido de <https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153>

FEDECACAO. (22 de enero de 2021). así se comportó la producción de cacao por departamento en el 2020.

García Gonzalez, Estefanía; Ochoa Muñoz, Andrés Felipe; Montalvo Rodriguez, Constanza; Ordoñez Narváez, Ginna Alejandra; Londoño Hernández, Liliana (2021). Sucesión microbiana durante la fermentación espontánea de cacao en unidades productivas. *Ciencia en desarrollo*, 12(2). Obtenido de <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.12242>

García González, Estefanía., Serna Murillo Angie Milena., Córdoba Pantoja Diego Armando., Marín Aricapa Juan Gabriel., Montalvo Rodríguez Constanza., Ordoñez Narváez Ginna Alejandra. (2019). Estudio de la fermentación espontánea de cacao (*Theobroma Cacao* 1.) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 41-51

obtenido de <https://doi.org/10.23850/24220582.1635>

ICONTEC NTC 5811. (2010). Buenas prácticas agrícolas para cacao - recolección y beneficio - requisitos generales.

Jaimes Suárez, Yeirne Yaneth; Agudelo, Genaro Andrés; Baez Daza, Eliana Yadira; Rengifo Estrada, Gersein Antonio; Rojas Molina, Jairo (2021). Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Santander. *Siembra - Ministerio de Agricultura*. Obtenido de <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>

Loayza Lozano, Wilfredo (2014). Influencia de la frecuencia de remoción, durante la fermentación, en la calidad sensorial del cacao (*Theobroma Cacao*, L.) de Satipo. *universidad nacional mayor de san marcos*

MADR. (2018). precio de referencia semanal de compra de cacao. Obtenido de <http://www.agronet.gov.co/Noticias/Documents/PrecioReferenciaCacao->

Mejía Córdoba Carlos Arturo (2018). VALIDACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE LA FERMENTACIÓN Y SECADO DEL GRANO DE CACAO. *revista de investigación agraria y ambiental*.

Pérez Beltrán, Miguel Ángel (2011). Guía de buenas prácticas de cosecha, fermentación y secado para cacaos especiales. *Swisscontact*

Ríos Jara, Jhonatan; Lévano Rodríguez Danny (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Agrotec Amaz*, 2(1). Obtenido de <https://doi.org/10.51252/raa.v2i1.281>

Software HI92148 - Data Logger versión 1.2 - Copyright © 2018 HANNA Instruments®, Inc.
<https://www.hannacolombia.com/productos/producto/hi-148-dataloggers-de-temperatura>

Google Earth, (2018). Programa Google Earth Pro versión 7.3.
<https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r>