



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**

**Efecto de la aplicación de diferentes tipos de fermentación en la estabilidad  
de la manteca del cacao**

**ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA  
INGENIERA QUIMICA**

**GÓMEZ ORTEGA DOMÉNICA BELÉN  
INGENIERA QUIMICA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**

**Efecto de la aplicación de diferentes tipos de fermentación en la  
estabilidad de la manteca del cacao**

**ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA  
INGENIERA QUIMICA**

**GÓMEZ ORTEGA DOMÉNICA BELÉN  
INGENIERA QUIMICA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD**

**CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto de la aplicación de diferentes tipos de fermentación en la  
estabilidad de la manteca del cacao**

**ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA  
INGENIERA QUIMICA**

**GÓMEZ ORTEGA DOMÉNICA BELÉN  
INGENIERA QUIMICA**

**AYALA ARMIJOS JOSE HUMBERTO**

**MACHALA  
2024**

# EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE FERMENTACION EN LA ESTABILIDAD DE LA GRASA DEL CACAO. ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA GÓMEZ ORTEGA DOMENICA BELÉN



**Nombre del documento:** EFECTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE FERMENTACION EN LA ESTABILIDAD DE LA GRASA DEL CACAO. ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA GÓMEZ ORTEGA DOMENICA BELÉN.pdf  
**ID del documento:** a325163c5edb3835adf82a739a5f590995b6ee4b  
**Tamaño del documento original:** 2,4 MB  
**Autores:** []

**Depositante:** JOSE HUMBERTO AYALA ARMIJOS  
**Fecha de depósito:** 12/2/2025  
**Tipo de carga:** interface  
**fecha de fin de análisis:** 12/2/2025

**Número de palabras:** 12.674  
**Número de caracteres:** 93.735

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TESIS DE CRISTIAN BALCAZAR SUAREZ Y CARLOS LEÓN ESPINOZA.pdf</b>   TE... #00b7f8 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	1%		Palabras idénticas: 1% (143 palabras)
2	<b>dialnet.unirioja.es</b> https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9373699.pdf#:~:text=l cacao del tipo Arriba, también ... 5 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (136 palabras)
3	<b>novasinergia.unach.edu.ec</b> https://novasinergia.unach.edu.ec/index.php/novasinergia/article/view/261 19 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (70 palabras)
4	<b>revistas.udes.edu.co</b> https://revistas.udes.edu.co/innovaciencia/article/view/3411 12 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (60 palabras)
5	<b>Documento de otro usuario</b> #3f262a El documento proviene de otro grupo 8 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (59 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>dspace.esPOCH.edu.ec</b> http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17571/1/156T0050.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	<b>dx.doi.org</b>   Subproductos de cacao (Theobroma cacao) en la alimentación animal: ¿... http://dx.doi.org/10.57188/manglar.2024.013	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> #108bf8 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
4	<b>doi.org</b> https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.692	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
5	<b>dx.doi.org</b>   Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el perio... http://dx.doi.org/10.62452/kqjprc07	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)

## Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v13i3.4689
2	https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115198
3	https://doi.org/10.22630/zppnr.2019.596.5
4	https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002
5	https://doi.org/10.1038/s41598-024

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

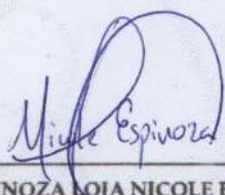
Las que suscriben, ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA y GÓMEZ ORTEGA DOMÉNICA BELÉN, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la aplicación de diferentes tipos de fermentación en la estabilidad de la manteca del cacao, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

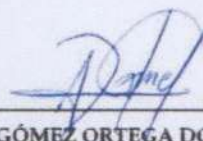
Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ESPINOZA LOJA NICOLE ESTEFANIA

0707033023



GÓMEZ ORTEGA DOMÉNICA BELÉN

0707013025

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a dios, quien me ha brindado salud, fuerza y voluntad para perseverar y culminar mi carrera.

A mi padre Ramiro, un ser que, aunque no conocí en vida, fue una fuente de motivación para seguir adelante sin darme por vencida.

A mi madre Marlene, mi pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional y el amor con el que me ha acompañado durante el transcurso de mi carrera.

A mis hermanos Jose y Fernando, quienes me respaldaron y estuvieron en este proceso para convertirme en una profesional.

A Mario, quien en vida me enseñó el valor del esfuerzo, cuyo amor dejó una huella imborrable en mi vida.

*Nicole Estefania Espinoza Loja*

Dedico este trabajo a mis padres Arturo Gómez y Karina Ortega, por su infinito amor y apoyo incondicional, sus palabras y gestos han hecho que crea en mi tanto como ustedes lo hacen, les debo todo lo que soy, sin ustedes de mi mano hubiera sido muy difícil este logro. Los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos, Kevin, Galilea y Arielita, por su cariño y por ser mi motivación cada día, impulsándome a ser un ejemplo para ustedes, quiero que lleguen muy lejos, mucho más que yo.

A mis abuelitas por consentirme y apoyarme, gracias por no dudar de mi y sostenerme en momentos tan difíciles.

A la memoria de mi bisabuelita Luchita que siempre me alentó a ser perseverante en mis estudios, gracias por los consejos y valores que me dejó, a pesar de ya no estar presente sé que siempre toma de mi mano para poder seguir, gracias por ser luz en mi vida.

*Doménica Belén Gómez Ortega*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a dios, quien me ha guiado en este largo camino, brindándome sabiduría y fortaleza necesarias para alcanzar una meta más en mi vida. A mi familia, que siempre ha estado a mi lado, siendo el motor que me impulsa a dar lo mejor de mí, agradezco su apoyo incondicional durante todo este proceso académico. A mi compañera de tesis, Domenica, por su dedicación y por compartir conmigo este camino lleno de obstáculos. A mi tutor, Ing. Humberto Ayala, por su apoyo y orientación en cada etapa de esta investigación y por compartir generosamente sus conocimientos. A mis amigos Dennise, Kleber, Evelyn, Lilian, Angelo, gracias por estar ahí, por su apoyo, motivación y por los consejos que me brindaron durante este extenso trayecto. Y finalmente, a mis compañeros de grupo Juan y Diana, quienes con su ayuda contribuyeron a la realización de este logro.

*Nicole Estefania Espinoza Loja*

Quiero expresar mi profunda gratitud a Dios, por hacerme más resiliente. A mis padres, por impulsarme a perseguir mis sueños y llenarme de valores que me hacen crecer cada día como persona, su sacrificio ha hecho de esta meta una realidad. A mi familia en general, por apoyarme y motivarme en este proceso. A mi compañera de tesis, Nicole, por estar en los altos y bajos, gracias por tu apoyo y cariño. A mis grandes amistades Allison, Diana, Juan, Fernanda y todos los amigos que hice durante mi carrera universitaria, me gustaría mencionar a cada uno, pero ustedes saben lo importante de su presencia en mi vida, gracias por las experiencias, las enseñanzas y el aprecio, su apoyo académico y moral ha sido fundamental en este camino. A mi tutor, Ing. Humberto Ayala, quien ha sido un gran docente y amigo, su apoyo y conocimientos fueron esenciales en el desarrollo de este trabajo, al igual que a la Ing. Delly San Martin, quien con su guía contribuyó significativamente. A todas las personas que fueron parte de este camino, su presencia en mi vida ha marcado parte importante de inspiración para lograr este objetivo.

*Doménica Belén Gómez Ortega*



## RESUMEN

La fermentación de las almendras de cacao es un proceso clave en la determinación de su calidad final, afectando parámetros fisicoquímicos como el pH, la acidez, la turbidez y la estabilidad oxidativa de la manteca de cacao. En este estudio, se evaluó el efecto de tres tipos de fermentación: espontánea, alcohólica-acética y láctica, con el fin de identificar el tratamiento más eficiente en la obtención de una manteca con mayor estabilidad y menor susceptibilidad a la oxidación.

Las almendras de cacao fino de aroma fueron sometidas a fermentación bajo condiciones controladas, seguidas de secado y tostado. La extracción de la manteca se llevó a cabo mediante un extrusor mecánico, y se realizaron análisis fisicoquímicos para evaluar los cambios en su composición. Se determinó el contenido de sólidos solubles, pH, acidez, turbidez y grado de oxidación. Para la medición de la turbidez se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible a 340 nm, mientras que la oxidación se midió tras un periodo de almacenamiento a temperatura controlada.

Los resultados mostraron que la fermentación influye directamente en la calidad de la manteca. Se observó que la fermentación espontánea presentó mayor turbidez y menor cantidad extraíble de grasa. En contraste, la fermentación alcohólica-acética y la láctica con *L. plantarum* mostraron una reducción en la turbidez y un aumento en la cantidad de manteca extraída, lo que sugiere que estos procesos mejoran la eficiencia del rendimiento y la pureza del producto final.

El análisis estadístico ANOVA reveló diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la estabilidad oxidativa de la manteca ( $p = 0.00698$ ), indicando que el tipo de fermentación afecta la resistencia a la oxidación. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.5212$ ) mostró que aproximadamente el 52.12% de la variabilidad en la oxidación se debe al tipo de fermentación aplicada. Estos resultados evidencian que la fermentación puede ser utilizada como una herramienta para mejorar la estabilidad de la manteca de cacao, optimizando su calidad y potencial comercial.

El estudio aporta información valiosa sobre la influencia del proceso fermentativo en la manteca de cacao y su estabilidad oxidativa. Los hallazgos pueden contribuir al desarrollo de metodologías de fermentación controladas que favorezcan la producción de cacao de alta calidad, con aplicaciones tanto en la industria alimentaria como en la cosmética. Además, estos resultados pueden ser útiles para optimizar procesos de fermentación a



nivel industrial y mejorar la competitividad del cacao ecuatoriano en el mercado internacional.

**PALABRAS CLAVES:**

Fermentación, manteca, cacao, oxidación, turbidez.

## ABSTRACT

The fermentation of cocoa almonds is a key process in determining their final quality, affecting physicochemical parameters such as pH, acidity, turbidity, and the oxidative stability of cocoa butter. In this study, the effect of three types of fermentation—spontaneous, alcoholic-acetic with molasses, and lactic with molasses and *Lactiplantibacillus plantarum*—was evaluated to identify the most efficient treatment for obtaining butter with greater stability and lower susceptibility to oxidation.

Fine-aroma cocoa almonds were subjected to fermentation under controlled conditions, followed by drying and roasting. The butter extraction was carried out using a mechanical extruder, and physicochemical analyses were performed to evaluate changes in its composition. Soluble solids content, pH, acidity, turbidity, and oxidation levels were determined. Turbidity measurements were taken using a UV-Visible spectrophotometer at 340 nm, while oxidation was assessed after a controlled temperature storage period.

The results showed that fermentation directly influences cocoa butter quality. Spontaneous fermentation resulted in higher turbidity and lower extractable fat content. In contrast, alcoholic-acetic fermentation and lactic fermentation with *L. plantarum* led to a reduction in turbidity and an increase in the amount of extracted butter, suggesting that these processes improve yield efficiency and final product purity.

Statistical analysis (ANOVA) revealed significant differences between treatments regarding the oxidative stability of cocoa butter ( $p = 0.00698$ ), indicating that the type of fermentation affects oxidation resistance. The coefficient of determination ( $R^2 = 0.5212$ ) showed that approximately 52.12% of the variability in oxidation is due to the type of fermentation applied. These results indicate that fermentation can be used as a tool to enhance the stability of cocoa butter, optimizing its quality and commercial potential.

This study provides valuable information on the influence of the fermentation process on cocoa butter and its oxidative stability. The findings may contribute to the development of controlled fermentation methodologies that promote the production of high-quality cocoa, with applications in both the food and cosmetic industries. Additionally, these results could be useful for optimizing fermentation processes at an industrial level and improving the competitiveness of Ecuadorian cocoa in the international market.

**KEYWORDS:**

Fermentation, butter, cocoa, oxidation, turbidity.

## CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTO .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN .....	13
PROBLEMATICA .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
OBJETIVOS .....	3
Objetivo general:.....	3
Objetivos específicos: .....	3
CAPITULO I .....	4
1 MARCO TEÓRICO .....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 El cacao.....	4
1.3 Variedades de cacao.....	6
1.3.1 Cacao Fino de Aroma o Cacao Nacional.....	6
1.4 Partes de la almendra .....	7
1.5 Composición física y química general del grano del cacao.....	8
1.6 Contenido de Grasas en el Cacao .....	9
1.6.1 Lípidos presentes en la manteca del cacao .....	9
1.7 Componentes precursores del sabor y aroma .....	11
1.7.1 Compuestos Volátiles. ....	11
1.7.2 Compuestos Sulfurados. ....	11
1.7.3 Precursores de Azúcares y Aminoácidos.....	12
1.8 Componentes bioactivos del cacao .....	12

1.8.1 Fenoles totales.....	12
1.8.2 Teobromina.....	13
1.8.3 Capacidad antioxidante.....	14
1.9 Tipos de Fermentación de las almendras de cacao .....	14
1.9.1 Fermentación Alcohólica.....	14
1.9.2 Fermentación Acética. ....	15
1.9.3 Fermentación Láctica.....	15
1.10. Bacterias presentes en la fermentación .....	15
1.10.1 Bacterias del ácido láctico (BAL).....	15
1.10.2 Bacterias del ácido acético (BAA).....	15
1.11 S. cerevisiae .....	16
1.12 Lactobacillus plantarum.....	16
1.13 Melaza.....	16
CAPÍTULO II.....	18
2. METODOLOGÍA .....	18
2.1 Sujeto de análisis .....	18
2.1.1 Recolección de la muestra. ....	18
2.1.2 Identificación de variables.....	18
2.2 Materiales y métodos .....	19
2.3 Métodos. ....	20
2.3.1 Preparación de la materia prima. ....	20
2.3.2 Fermentación .....	20
2.3.3 Secado y tostado. ....	20
2.3.4 Retiro de cáscaras .....	20
2.3.5 Obtención de grasa y licor. ....	20
2.4 Diagrama de flujo del proceso .....	21

2.5	Análisis de las propiedades físico – químicas de las almendras de cacao tras la fermentación .....	21
2.5.1	Análisis de pH.....	21
2.5.2	Cuantificación de sólidos solubles en la muestra (°Brix).....	21
2.5.	Determinación del contenido fenólico total en licor de cacao.....	22
2.6	Análisis físico-químicos a la manteca de cacao de los diferentes tipos de fermentación .....	23
2.6.1	Determinación de la cantidad extraíble de manteca .....	23
2.6.2	Análisis de pH en la manteca.....	23
2.6.3	Análisis de la acidez titulable de la manteca. ....	23
2.6.4	Análisis del nivel de turbidez en la manteca de cacao.....	24
2.6.5	Análisis de la estabilidad oxidativa en la manteca de cacao.....	24
2.7	Análisis estadísticos.....	24
CAPÍTULO III.....		25
3. RESULTADOS .....		25
3.1	Análisis físico-químicos de las almendras de cacao .....	25
3.1.1	Medición de sólidos solubles (°Brix).....	25
3.1.2	pH.....	27
3.1.3	Determinación de contenido fenólico .....	29
3.2	Análisis físico-químicos en la manteca de cacao.....	30
3.2.1	Análisis de acidez y pH en la manteca .....	30
3.3	Turbidez y cantidad extraíble .....	32
3.4	Capacidad oxidativa.....	33
CAPÍTULO IV .....		34
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		34
4.1	Conclusiones.....	34
CAPÍTULO V.....		35

5. RECOMENDACIONES.....	35
5.1 Recomendaciones .....	35
ANEXOS .....	46



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química del cacao .....	9
Tabla 2. Perfil químico de la melaza .....	16
Tabla 3. Materiales, reactivos y equipos empleados para la fase experimental .....	19
Tabla 4. Medición de °Brix durante el proceso fermentativo.....	25
Tabla 5. Variación de pH durante la fermentación de las almendras de cacao .....	27
Tabla 6. Análisis del pH acidez y en la manteca de cacao .....	30
Tabla 7. Análisis de varianza de la oxidación de la manteca de cacao.....	33

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes del fruto del cacao.....	8
Figura 2. Estructuras químicas de ácidos grasos insaturados .....	10
Figura 3. Estructuras químicas de ácidos grasos saturados .....	10
Figura 4. Estructura química del triglicérido .....	11
Figura 5. Estructura química del triglicérido .....	13
Figura 6. Ubicación Geográfica Finca "Buenos Aires" .....	18
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso.....	21
Figura 8. Curva de calibración de ácido gálico .....	22
Figura 9. °Brix durante los días de fermentación .....	26
Figura 10. pH durante la F. espontánea, F. Alcohólica-Acética con melaza y F. Láctica con melaza y <i>L.plantarum</i> en la almendra. ....	28
Figura 11. Contenido fenólico durante el proceso fermentativo en la almendra. ....	29
Figura 12. Acidez y pH durante la F. espontanea, F. Alcohólica-Acética con melaza y F. Láctica con melaza y <i>L. plantarum</i> en la manteca de cacao. ....	31
Figura 13. Turbidez y cantidad extraíble durante la F. espontanea, F. Alcohólica-Acética con melaza y F. Láctica con melaza y <i>L. plantarum</i> en la manteca de cacao.....	32

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Teobroma cacao* L.) ha sido un producto clave en las exportaciones de Ecuador desde inicios del siglo XIX, cuando se consolidó una próspera industria de producción y comercialización. Aunque en el siglo XX su importancia económica disminuyó debido al auge del banano, y el petróleo, pero los valores reales de las exportaciones de cacao continuaron en aumento.<sup>1</sup>

En 2019-2020, Ecuador fue el tercer mayor productor en Latinoamérica de cacao con 0.32 millones toneladas, después de Costa de Marfil y Ghana.<sup>1</sup> Para el año 2021, certificó 331.028,57 toneladas cacao en almendra para la exportación, con un valor de 758 millones de dólares.

Ecuador, líder mundial en producción de cacao fino de aroma, representando el 70%, seguido por Indonesia, que aporta un 10% del total global. El 81% del cacao certificado en Ecuador, es cacao fino de aroma, con 266.789,23 toneladas exportadas, mientras que el 19% corresponde a cacao CCN-51 con 64.239,34 toneladas exportadas. “El cacao fino de aroma es un producto que asegura una demanda significativa, porque se destaca no solo por su sabor sino también por las propiedades nutritivas que posee”.<sup>2</sup>

Durante la fermentación del cacao, los microorganismos consumen los nutrientes de la pulpa mucilaginoso que rodea la almendra, favoreciendo una serie de reacciones bioquímicas impulsadas por el aumento de temperatura. Esto permite la formación de precursores de aroma y sabor, esenciales para la calidad del cacao. Posteriormente, el proceso de secado reduce la pérdida de ácidos orgánicos volátiles y oxida los polifenoles, influyendo en las propiedades sensoriales, físicas y químicas del producto final. La pulpa del cacao, compuesta en su mayoría por agua (80-90%) y azúcares (10-15%), favorece el crecimiento de bacterias lácticas y acéticas, fundamentales en la fermentación.<sup>3</sup>

La manteca de cacao, extraída de las almendras, es una grasa altamente estable debido a su composición química, la cual representa aproximadamente el 50 % de los componentes de la almendra y está formada en su mayoría por triacilglicéridos (98 %). Su estabilidad oxidativa se debe principalmente a su alto contenido de ácidos grasos saturados, como el palmítico y el esteárico, que representan más del 60 % de su composición, así como a la presencia de antioxidantes naturales que minimizan la susceptibilidad a la oxidación. “La

composición de la manteca de cacao en los granos de cacao varía según el material genético de la planta y su origen geográfico”.<sup>4,5</sup>

El proceso de oxidación de los lípidos es un factor determinante en la calidad de los alimentos, ya que provoca cambios indeseados en su composición, afectando el sabor, la textura, el valor nutricional y apariencia. Además, este deterioro puede reducir significativamente la vida útil del producto y generar pérdidas económicas.<sup>6</sup> La manteca de cacao no está exenta de este fenómeno, y su estabilidad puede verse comprometida por factores externos como el aumento de la temperatura, la exposición a la luz y el pH del entorno. Debido a la complejidad del proceso oxidativo, su estudio resulta fundamental para asegurar la conservación de la manteca de cacao.<sup>5</sup>

Se ha señalado la importancia de investigar cómo las condiciones de temperatura controlada pueden influir en la movilización de compuestos químicos mediante la acidificación durante la fermentación. No obstante, cuando el pH desciende por debajo de cinco en las etapas finales del proceso, se ha asociado con la aparición de sabores indeseables en la almendra.<sup>7</sup> La melaza de caña, un subproducto obtenido durante la fabricación de sacarosa, glucosa y fructosa, es rica en azúcares fermentables aproximadamente 50%, como sacarosa, glucosa y fructosa.<sup>8</sup>

Además, contiene componentes no fermentables y melanoidinas que favorecen el crecimiento de bacterias ácido-lácticas (BAL). Debido a estas características, la melaza se utiliza como sustrato en la producción de alcohol etílico y en la industria alimentaria para cultivar bacterias como *Lactobacillus* spp., promoviendo su proliferación rápida.<sup>9</sup>

Este estudio busca evaluar los cambios fisicoquímicos en la almendra de cacao fino de aroma mediante la implementación de tres tipos de fermentación: espontánea, alcohólica-acética con melaza, y láctica con el uso de melaza junto a *L. plantarum*. A través de esta comparación, se pretende seleccionar el proceso que permita reducir de manera más efectiva el amargor, la astringencia y la acidez, además de determinar cuál proporciona mayor estabilidad oxidativa a la manteca de cacao.

## PROBLEMATICA

A nivel mundial, Ecuador sobresale en el cultivo de cacao fino de aroma, liderando el mercado con una contribución del 63% en la producción global de este tipo de cacao.<sup>10</sup> Las exportaciones de cacao ecuatoriano superan las 400 mil toneladas anuales, generando ingresos que exceden los \$1,000 millones de dólares por año. Este flujo de ingresos constituye un 1.97% del Producto Interno Bruto (PIB) ecuatoriano, otorgándole una destacada presencia en el mercado global.<sup>11</sup>

La provincia de el Oro a pesar de ser reconocida por su elevada producción de cacao, gran parte de productores de cacao ecuatoriano no llevan a cabo el proceso fermentativo uniforme y estandarizado de la almendra, la ausencia de un método puede minimizar el desarrollo de compuestos que otorgan las características del sabor y aroma a chocolate.<sup>12</sup>

La fermentación alcohólica espontánea de las almendras de cacao fino de aroma se desarrolla gracias a los azúcares fermentables que cubren las almendras y a los microorganismos endógenos presentes en la fruta. Durante este proceso, solo el 30% de las almendras quedan sumergidas en el mucílago de cacao y que reaccionan correctamente transforman los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono y el 70% restante no fermenta adecuadamente o experimenta otro tipo de fermentaciones no deseadas que no aportan al objetivo del proceso.

El mucílago de cacao está compuesto mayoritariamente por agua (82–87%), a su vez de azúcares fermentables (AR) (10–15%), pentosanos (2–3%), sales minerales (~ 0,4%), pectina (1,0–1,5%) y proteínas (~ 0,09%), el pH con una variación de 3–4,2.<sup>13</sup>

En la actualidad, la falta de información de la influencia de la fermentación alcohólica, láctica y acética en la composición lipídica del cacao hace imprescindible nuevos métodos y técnicas de fermentación que mejoren la calidad nutricional y sensorial de este alimento.

## JUSTIFICACIÓN

Gracias a la riqueza y condiciones geográficas, Ecuador resalta entre los principales productores de cacao arriba fino, representa un aproximado de 63% de la producción mundial, contempla un sabor renombrado desde hace muchos años dentro del mercado internacional.<sup>14</sup>

La comercialización de cacao está subdividida en bienes primario, en sus productos intermedios (licor y manteca) y por último en productos terminados como lo es el chocolate para mesa y confites, generalmente esta producción termina en dos tipos de industria procesadora de cacao: molienda que elabora licor, manteca, torta y cacao en polvo, y producción de chocolates, siendo estas de gran interés por productoras y empresas a fines del cacao y sus subproductos.<sup>15</sup>

Últimamente, se le está teniendo mayor interés a los subproductos de cacao, dado que ha señalado que en su composición cuenta con compuestos bioactivos de interés en todo el mundo.<sup>16</sup> En la actualidad el estudio del cacao y sus derivados generando un alto interés entre múltiples expertos, puesto que, es contemplado su uso como alimento funcional (polifenoles y alcaloides) para prevenir enfermedades cardiovasculares y patologías estrechamente relacionadas con estrés oxidativo.<sup>17</sup>

Realizar un proceso adecuado de fermentación es clave para dar lugar a un producto que cumpla con estándares de calidad en cuanto a términos sensoriales, fisicoquímicos y nutricionales de calidad para que pueda satisfacer los requisitos de mercados nacionales e internacionales con el fin de incrementar el valor agregado y por ende el prestigio del país, a su vez, lograr mayores ingresos económicos.

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

Evaluar el efecto de la aplicación de diferentes tipos de fermentación (Alcohólica, acética y láctica) utilizando métodos específicos que permitan la monitorización y ajuste de variables para mejorar la extracción de manteca y establecer su estabilidad oxidativa.

### Objetivos específicos:

- Extraer licor y manteca de las almendras de cacao de diferentes tipos de fermentación mediante un extrusor mecánico, con el fin de evaluar su impacto en la calidad a través de análisis físico-químicos.
- Determinar la turbidez de la manteca de cacao extraída según el tipo de fermentación aplicado.
- Comparar las diferencias en el grado de oxidación de las grasas extraídas para identificar patrones asociados a la calidad lipídica.

### HIPÓTESIS.

**H1:** Es posible que influya en el grado de oxidación de la manteca de las almendras de cacao aplicando distintos tipos de fermentación.

**H0:** No es posible que influya en el grado de oxidación de la manteca de las almendras de cacao aplicando distintos tipos de fermentación.



## CAPITULO I

### 1 MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes

Según estudios recientes, se ha explorado la mejora de las características de calidad de las almendras de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) mediante la modificación bioquímica en la etapa de postcosecha. Esta modificación se logró a través de la adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y melaza, en donde se centró en la fermentación con levadura en dos tiempos, 3 y 4 días, esta fermentación tuvo un cambio significativo en la transformación bioquímica en el cotiledón de las almendras de cacao, lo que se describe como mejoras en sus características físicas, químicas y organolépticas. Los datos experimentales demostraron mejoras significativas en comparación con el testigo (sin adición de levadura).

Estudios demuestran que *Lactobacillus plantarum* desempeña un papel crucial en la fermentación del cacao, en especial la cepa LPFB 35 que ha demostrado una alta capacidad para consumir fructosa más rápidamente que la glucosa. Además, *L. plantarum* LPBF 35 mostró un perfil ideal de metabolismo de ácidos orgánicos, consumiendo ácido cítrico y produciendo ácido láctico, lo que es beneficioso para la fermentación del cacao. Estos hallazgos proporcionan nuevos conocimientos sobre la actividad microbiana en la fermentación del cacao y abren nuevas perspectivas sobre el uso de bacterias de ácido láctico como cultivos iniciadores para optimizar el proceso de fermentación.

#### 1.2 El cacao

El árbol de cacao, procedente de las selvas neotropicales del Amazonas en Ecuador, Perú y Colombia, ha logrado extenderse a regiones de Centro Sur de América, tal como a África y Asia. Con el paso de los años este cultivo ha destacado en diversos países de Latinoamérica, posicionándose como fuente importante de desarrollo económico, especialmente en Ecuador que fue conocido como la “Pepa de Oro”.<sup>18</sup> El cacao es una especie de planta perteneciente al género de familia *Theobroma* y *Malvaceae*, que tiene un alto valor económico, debido a que sus granos son la materia prima en la elaboración de chocolate, subproductos del chocolate, cosméticos, entre otros.<sup>19</sup>

La producción de la planta de cacao se da desde el tercero hasta aproximadamente el quinto año de sembrado según sea su variedad, llegando a un rendimiento máximo entre el octavo y el décimo año.<sup>20</sup> El tamaño de la mazorca (fruto) es de 10 a 32cm de longitud por 7 a 10cm de ancho, puede producir de 12 a 20 mazorcas y su color a cambiando de amarillo, verde, blanco o rojo según la variedad y estado de madurez; además contiene de 20 a 60 almendras en su interior. Dentro se encuentra el embrión compuesto de dos cotiledones ya sea de color blanco, castaño claro, gris o violeta pardo.<sup>21</sup>

Generalmente el árbol de cacao es cultivado en regiones tropicales de alta probabilidad de lluvia, aunque mayormente tiene un mejor desarrollo en ambientes húmedos y cálidos. Según la taxonomía de esta especie se encuentra dentro del género *Theobroma*, que pertenece al orden Filiales y a la familia Malvaceae.<sup>22</sup>

En Ecuador se produce cacao principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Sucumbíos, donde se cultiva el Cacao CCN-51 y el denominado Cacao Nacional. El Cacao Fino de Aroma también llamado 'Arriba' el cual sido cultivado desde la época colonial. Ecuador tiene la mayor participación en el mercado mundial, contando con un 63% de acuerdo a datos de ProEcuador.<sup>23</sup>

*1.2.1 Producción de cacao en Ecuador.* Uno de los pilares más relevantes en el sistema económico ecuatoriano es la producción y exportación de cacao. Este producto es reconocido globalmente por sus características especiales de aroma y color, se las usa en la preparación de recubrimientos de chocolates finos y coberturas principalmente, lo cual se considera una de las fortalezas económicas que tiene el país.<sup>24</sup>

La producción de cacao se da en 21 de las 24 provincias del Ecuador, siendo alrededor de 590,000 hectáreas plantadas y 527,000 hectáreas cosechadas para el 2020, con una producción promedio de alrededor 600 kg por hectárea. Para el año 2021 el Ecuador se proyectó una exportación de 300.000 toneladas métricas de cacao nacional fino de aroma, cuyo resultado de estas exportaciones generaría alrededor de 700 millones de dólares por año.<sup>25</sup>

Ecuador es el sustento de aproximadamente cien mil familias que viven de la producción de este cultivo, pero en su mayoría enfrentan bajos niveles de productividad.<sup>26</sup>

1.2.2 Exportación del cacao. Ecuador, país con múltiples recursos, reconocido por su producción a nivel internacional quedando como protagonista el cacao, posicionado como el quinto más exportado, destacándose como el tercer productor mundial según datos del año 2020 exportando 345.000 TM mientras que en el año 2018 fue de 315.000 TM.<sup>27</sup>

En 2024 mediante un informe por parte del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca que el cacao es el tercer producto de exportación no petrolera del Ecuador, teniendo una entrada de USD 456 millones durante el primer trimestre 2024, teniendo un 158% (USD279 millones), siendo un incremento notable comparado al del año 2023. Si se hace referencia al volumen de exportación, estas gradualmente llegaron hasta un 32%, es decir, se exportaron TM 22 más que el año anterior.<sup>28</sup>

Por la mínima variación del costo entre los cacaos tipo nacional y CCN 51 se vuelve imprescindible analizar que se implemente un diferencial de precios que vayan acorde a la calidad de cacao debido a que esta característica de tener el mismo precio de estos dos tipos causa una menor rentabilidad hacia los productores del cacao Nacional, adicionalmente no se reconoce la calidad sensorial que reciben en el mercado internacional.<sup>1</sup>

### **1.3 Variedades de cacao**

*1.3.1 Cacao Fino de Aroma o Cacao Nacional.* Ecuador está posicionado el cuarto lugar como productor mundial de cacao y el primero de Latinoamérica, el cacao tiene una alta importancia para el país, ya que se constituye en el sexto producto de exportación y representa el 3,2% del total de sus exportaciones, y tiene su propia variedad de cacao, llamado “Nacional” o “Arriba”, que es muy apreciado por los fabricantes del chocolate gourmet y, consecuentemente, obtiene precios elevados en el mercado.<sup>29</sup> Por el año 1600 ya se practicaba el cultivo de cacao en las tierras irrigadas por los “afluentes río arriba de Guayaquil”, por lo cual se lo llamó “cacao arriba”, o también llamado “cacao fino”, o “cacao nacional”.<sup>30</sup> Este tipo de cacao conocido como “Arriba” sigue siendo del más común en Ecuador dado a la adaptación que tiene a las condiciones agro-climáticas de la región del pacifico ecuatorianos, preferida por los productores de chocolate debido la calidad de sus granos y la finura de su aroma. Es autóctona y cultivada desde principios del siglo XVIII, caracterizada por ser más homogénea que los de la variedad Trinitario y por su excelente calidad además de tener precios más altos con relación a otros cacaos comerciales.<sup>31</sup>

En el país, existe una elevada cantidad de familias campesinas dedicadas al cultivo de cacao con certificaciones de calidad que hace que sea reconocido internacionalmente. El punto de partida para tener altas posibilidades de una comercialización directa que sea eficaz y eficiente, es la organización. Es importante mencionar que, tanto para Ecuador como para países extranjeros, los compradores toman en cuenta que el cultivo cuente con estos 3 aspectos principalmente: cantidad, calidad y consistencia.<sup>2</sup>

1.3.2 *CCN 51*. Conocido como el clon de Cacao fue estudiado por Homero Castro alrededor de 30 años donde empezó sus investigaciones en una población de cacao del alto Amazonas del Ecuador, recolectando material genético con el objetivo de cruzarlo con variedades Trinitarias de cacao y otros cultivos para poder desarrollar un clon con alta calidad que sea capaz de resistir a plagas y enfermedades; finalmente lo logró en el cantón naranjal en la hacienda “Sofía” el Clon CCN-51 que proviene de la combinación de los clones ICS-953 y IMC-674 , siendo en la actualidad un clon con elevada productividad en todo el mundo.<sup>32</sup>

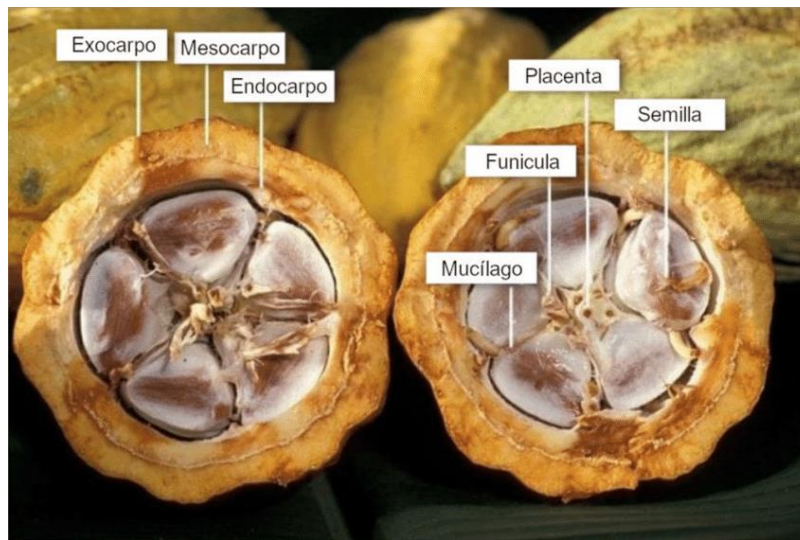
1.3.3 *Cacao trinitario*. El cacao Trinitario procede de una hibridación de los grupos Criollo y Forastero. La mayoría de las variedades cultivadas comercialmente más conocidas del mundo provienen de este grupo. Fueron elegidos por la Trinidad, de ahí su nombre. Sus características botánicas se encuentran entre criollas y forasteras.<sup>33</sup> El cacao Trinitario se considera como calidad media debido a que es menos aromático al ser una hibridación espontánea entre el cacao Criollo y el Forastero.<sup>34</sup> Las variedades de cacao, Nacional y Trinitario las cuales tienen mayor presencia en las plantaciones cacaoteras dentro de Ecuador, donde la variedad de cacao Nacional ha destacado a nivel mundial por su sabor y aroma, notables características al momento de elaborar chocolates, contrastándose con la variedad Trinitario la cual limita las características organolépticas del cacao Nacional.<sup>35</sup>

#### **1.4 Partes de la almendra**

Los granos de cacao se componen de un embrión, dos cotiledones (86-90% del peso seco de la almendra) y la pulpa mucilaginosa que rodea las almendras (que constituye aproximadamente el 10-14% del peso seco), y pueden variar según su origen. La pulpa del cacao está compuesta por azúcares (glucosa, fructosa y sacarosa), ácido cítrico y pectina que sirven como sustratos para los microorganismos que intervienen durante la

fermentación. Además, las almendras del cacao tienen un alto contenido de polifenoles (15-20% en almendras frescas sin grasa), que proporcionan un sabor astringente, amargo y desagradable que disminuye al 5% durante la fermentación.<sup>21</sup>

Figura 1. Partes del fruto del cacao



Fuente: <sup>13</sup>

### 1.5 Composición física y química general del grano del cacao

El grano de cacao representa un tercio (33%) del peso total del fruto, mientras que el 67% restante corresponde a la mazorca, considerada un subproducto de desecho. La mazorca contiene proteínas (5,9-9,1%), grasas crudas (1,2-10%), fibra (22,6-35,7%), y entre otros componentes que la hacen adecuada para su uso como alimentos para animales.<sup>36</sup>

En la Tabla 1, se presenta la composición química de los granos de cacao desde una perspectiva nutricional.

Tabla 1. Composición química del cacao

Contenido	Fresco %	Seco %
Agua	50.0	7.0
Proteína	9.9	18.3
Grasas	34.0	63.2
Carbohidratos	8.2	15.3
Fibras	2.7	5.1
Minerales	2.7	5.1

Fuente:<sup>37</sup>

## 1.6 Contenido de Grasas en el Cacao

Es uno de los factores primordiales para la calidad del grano, el contenido de grasa se convierte en uno de los indicadores de calidad más importantes y que diferencian una almendra de cacao fino de aroma de otra ordinaria, ya que por su variabilidad influye de manera directa en las propiedades y el aroma del licor de cacao, el cual depende del genotipo del cacao, su fermentación, secado, condiciones climáticas y época de cosecha.<sup>11</sup>

La manteca de cacao es ampliamente utilizada en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria; se obtiene a partir de la transformación de los granos de cacao en chocolate, es la responsable de ciertas características que destacan, como la dureza, la instantánea y completa fusión en la boca, el brillo y la estabilidad gracias a la combinación de sus ácidos palmítico, esteárico y oleico.<sup>38</sup>

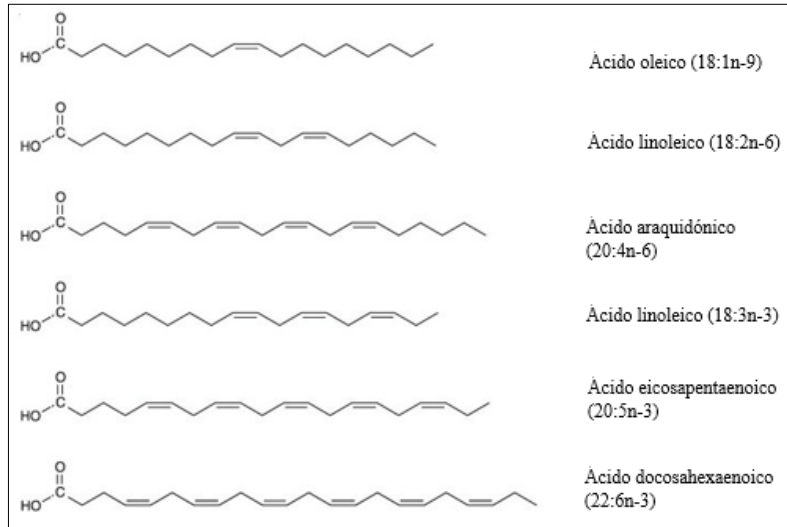
La manteca de cacao podría representar de hasta el 56% del peso seco de la almendra y de su composición, se determina en relación ácidos grasos saturados e insaturados con un promedio de 1 : 0.60 lo que da paso a una grasa sólida a 25 °C, el punto de fusión esta asociado entre 33 - 37 °C otorgando la capacidad de derretirse al tener contacto con la piel lo cual se puede percibir en los chocolates y en productos farmacéuticos.<sup>39</sup>

### 1.6.1 Lípidos presentes en la manteca del cacao

*1.6.1.1 Ácidos grasos.* En los ácidos grasos que predominan y presentan mayor interés en la composición de la manteca de cacao se consta: el palmítico (C16, P) 24,4 – 26,7%; el

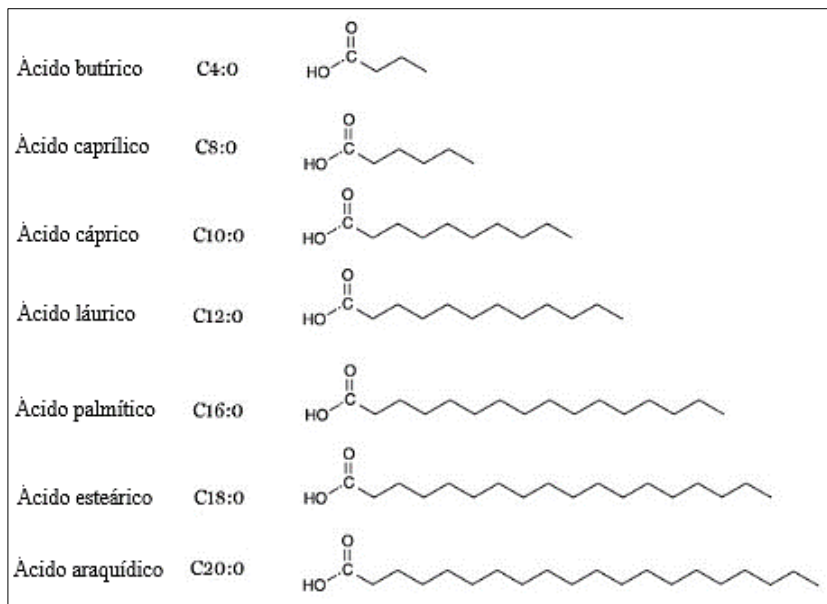
esteárico (C18; St) 34,4 – 35,4%, el oleico (18:1; O) con 37,7 – 38,1% y finalmente el linoleico (C18:2, L) en baja proporción 2,1%.<sup>40</sup>

Figura 2. Estructuras químicas de ácidos grasos insaturados



Fuente:<sup>41</sup>

Figura 3. Estructuras químicas de ácidos grasos saturados

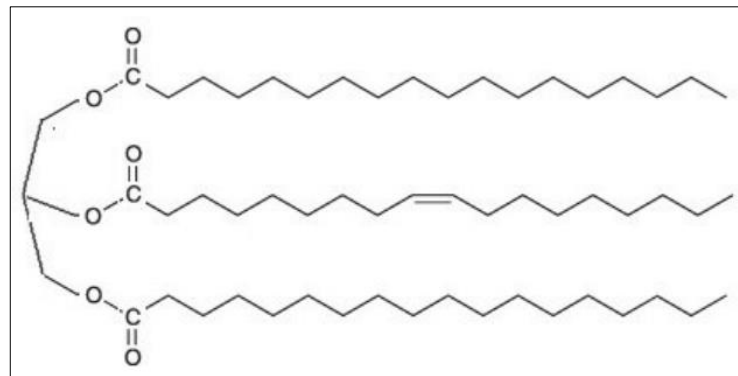


Fuente:<sup>41</sup>



*1.6.1.2 Triglicéridos.* Los triglicéridos dentro de la manteca de cacao comprenden el 98 %, 1 % los ácidos grasos libres, 0,3-0,5 % los diglicéridos y 0,1 % los monoglicéridos. Además, se encuentra rodeado de un 0,2 % de esteroides y entre 150 a 350 ppm de tocoferoles. Por otro lado, se encuentran los fosfolípidos con una variación de 0,05 a 0,13 %. Cuenta con gran cantidad de compuestos volátiles como piracinas, piridinas, tiazoles y ácidos grasos de cadena corta que son los responsables de su aroma.<sup>40</sup>

Figura 4. Estructura química del triglicérido



Fuente:<sup>41</sup>

## 1.7 Componentes precursores del sabor y aroma

*1.7.1 Compuestos Volátiles.* El perfil de los compuestos volátiles puede mostrar grandes variaciones, dependiendo del genotipo y origen geográfico de los granos de cacao. Además, el perfil puede variar con las prácticas agrícolas y el procesamiento (fermentación, secado y tostado), ambos determinan su calidad aromática final.<sup>42</sup> Estos ácidos volátiles pueden ser el ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ) y el ácido butírico ( $C_4H_8O_4$ ), que se convierten en compuestos aromáticos durante la fermentación.

*1.7.2 Compuestos Sulfurados.* Los compuestos de azufre han sido ampliamente aceptados como importantes para el sabor de los alimentos debido a sus bajos umbrales de detección. Los compuestos orgánicos volátiles de azufre (VSC) se han señalado por su importancia para el sabor del chocolate. Se cree que estos compuestos de azufre se generan por medio de la degradación de Strecker de aminoácidos y péptidos que tienen azufre, como la metionina y la cisteína, y de azúcares reductores presentes en el grano de cacao.<sup>43</sup>

*1.7.3 Precursores de Azúcares y Aminoácidos.* Diversas investigaciones demuestran que los aminoácidos y azúcares reductores son los protagonistas de los precursores del sabor y aroma del cacao, dando lugar a las pirazinas en un tratamiento térmico por la reacción de Maillard.<sup>44</sup>

## **1.8 Componentes bioactivos del cacao**

Las almendras de cacao constan como productos vegetales que cuentan con un alto contenido de antioxidantes se encuentran las almendras de cacao. Diversas investigaciones mencionan que, existen poblaciones que tienen poca incidencia de enfermedades cardiovasculares, coronarias, diabetes y cáncer; debido al consumo regular de cacao y sus diferentes productos como lo son: el licor de cacao, chocolate amargo, polvo de cacao o cocoa, ya que comprenden altos contenidos de antioxidantes.<sup>45</sup>

Las almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) presentan un elevado contenido energético siendo influenciado fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, por lo cual se lo considera como un superalimento dado a su capacidad antioxidante por el alto contenido de polifenoles beneficiosos para la salud humana. Es por ello que su cultivo y comercialización se ha extendido a nivel mundial.<sup>46</sup>

El cacao además posee componentes con características especiales como las bioactivas en las que se puede mencionar:

*1.8.1 Fenoles totales.* Los fenoles totales o polifenoles son metabolitos secundarios presentes en todas las plantas vasculares, y constituyen una gran familia de compuestos altamente diversos con variada actividad biológica.<sup>47</sup>

Varios autores muestran un destacado indicio que muestra que los compuestos antioxidantes (polifenoles) tienen una participación importante en el riesgo y la patogénesis de múltiples enfermedades crónicas-degenerativas, en especial las enfermedades cardiovasculares y el cáncer.<sup>48</sup>

El cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus derivados han recibido una atención diferenciada por su contenido de polifenoles, la concentración de polifenoles en las almendras de cacao secas y libres de grasa la cual está entre el 15-20% (p/p), de ello se deriva un 37% de catequinas, 4% de antocianinas y un 58% de proantocianidinas.<sup>46</sup>

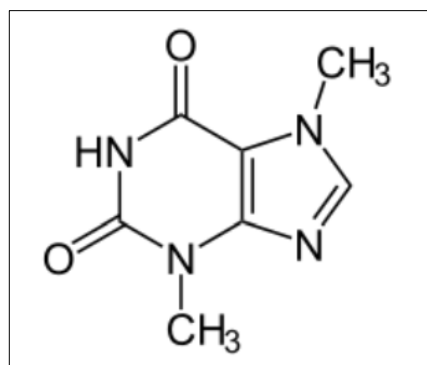
La forma más común de clasificar los polifenoles de origen natural es según su estructura química, considerando el número de anillos fenólicos, los elementos estructurales que se unen a dichos anillos y los sustituyentes presentes. De esta manera, los polifenoles se diferencian entre flavonoides y no flavonoides, y a su vez, este último grupo se divide en ácidos fenólicos, ligninas y estilbenos.<sup>49</sup>

*1.8.2 Teobromina.* En el fruto de cacao, la teobromina ( $C_7H_8N_4O_2$ ) es el principal alcaloide sintetizada por la parte exterior del pericarpio (almendras) y el cotiledón (embrión de la almendra) del cacao, no obstante, su concentración en la fruta madura se reduce en el pericarpio y por el contrario, es mayor en los cotiledones. Lo que sugiere que el lugar principal donde ocurre la síntesis de la teobromina está en los propios granos de cacao.<sup>50</sup>

La presencia del sabor amargo en las almendras de cacao se debe principalmente a la presencia de dos metilxantinas, la teobromina y cafeína; En la cáscara del grano de cacao, la teobromina representa cerca del 0.9 % y la cafeína el 0.3 %. Estas metilxantinas ayudan en el tratamiento de enfermedades respiratorias por su capacidad de alterar el sistema nervioso y relajar bronquios.<sup>51</sup>

Sin embargo, aunque no se ha confirmado la presencia de interacción entre flavonoides y metilxantinas, es importante tener en cuenta los beneficios que aportan en lo que respecta a la salud de la teobromina y sus propiedades antidepresivas y estimulantes en los derivados de cacao.<sup>52</sup>

Figura 5. Estructura química del triglicérido



Fuente:<sup>50</sup>

*1.8.3 Capacidad antioxidante.* Los antioxidantes son compuestos químicos que, a bajas concentraciones, previenen el daño oxidativo provocado a biomoléculas por parte de las Especies Reactivas del Oxígeno (ROS, según las siglas inglesas de Reactive Oxygen Species) y Especies Reactivas de Nitrógeno (RNS, en inglés, acrónimo de Reactive Nitrogen Species), tales como: proteínas, ácidos nucleicos, ácidos grasos poliinsaturados, azúcares, entre otros.<sup>53</sup>

La capacidad antioxidante se refiere al potencial que tiene una molécula para retrasar o prevenir la oxidación de otras moléculas, al interactuar con un radical libre, estos agentes antioxidantes ceden un electrón, oxidándose ellos mismos y convirtiéndose en un radical libre débil y no tóxico.

La ingesta de chocolate y sus derivados puede aportar beneficios a la salud debido a la presencia de minerales esenciales como Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn y Zn, y componentes antioxidantes con alta concentración de flavonoides.<sup>54</sup>

## **1.9 Tipos de Fermentación de las almendras de cacao**

*1.9.1 Fermentación Alcohólica.* La fermentación alcohólica se da principalmente por la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, la cual se encarga de la transformación de un 90% del azúcar presente en relaciones molares equivalentes del alcohol y CO<sub>2</sub>. Contempla un metabolismo fermentativo en condiciones anaerobias, sin embargo, en presencia de oxígeno tiene una respiración aerobia y no produce alcohol.

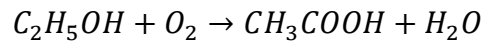
Los procesos bioquímicos que se desarrollan durante la fermentación alcohólica-acética del mucilago y las almendras nos indican que los azúcares fermentables se transforman en etanol por acción de las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y luego en ácido acético por acción de la bacteria *Acetobacter aceti*.<sup>55</sup>



El alcohol, dióxido de carbono y ácido acético producido por los microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación del mucilago y de las almendras de cacao, se han relacionado con la producción de compuestos de precursores de sabor, como el acetato de etilo y el lactato de etilo, y el consumo de ácidos orgánicos, como el ácido acético y el ácido láctico.<sup>56</sup>

*1.9.2 Fermentación Acética.* Es un proceso llevado a cabo por bacterias del género *Acetobacter*, que tienen la capacidad de convertir el alcohol etílico en ácido acético. La fermentación es un proceso aeróbico, es decir, ocurre en ausencia de oxígeno.

Reacción estequiometría de la fermentación acética



En el aire, suelo y las frutas podemos encontrar bacterias acéticas, estas son atraídas por el alcohol etílico. Su temperatura óptima de desarrollo está entre 25 y 30°C y un pH óptimo de 5 a 6, aunque pueden crecer en ambiente con pH inferiores a 4. Las bacterias acéticas realizan una oxidación incompleta de los azúcares y alcoholes, lo que resulta en la acumulación de ácidos orgánicos como productos finales y cuando el sustrato es el etanol, el principal producto en obtener es el ácido acético, del cual estas bacterias derivan su nombre.<sup>57</sup>

*1.9.3 Fermentación Láctica.* Protagonizada por las bacterias *Lactobacilacea* y *Enterobacteriaceae*, este tipo de fermentación consiste en la obtención de ácido láctico a partir de azúcares. Dentro de la fermentación láctica, el piruvato que se generó en la glicólisis se convierte en ácido láctico por medio de la enzima lactato-deshidrogenasa.<sup>58</sup>

## **1.10. Bacterias presentes en la fermentación**

Los microorganismos involucrados en la fermentación del grano de cacao se reducen para ser levadura, BAL y BAC. Los productos metabólicos que ocurren durante la fermentación se simplificaron para obtener etanol, ácido láctico y ácido acético.<sup>12</sup>

*1.10.1 Bacterias del ácido láctico (BAL).* Son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no flagelados, anaeróbicos, microaerófilos o aerotolerantes; oxidasa, catalasa positiva y benzidina negativas, presentan ausencia de citocromos, sin disminuir el nitrato a nitrito y generan ácido láctico como principal producto de la fermentación de carbohidratos, Las BAL son ácido tolerante por lo que algunas son capaces de crecer a valores de pH tan bajos como 3, 2; y por el contrario otras valores tan altos como 9,6, por lo general, la mayoría crece a pH entre 4 y 4,5.<sup>59</sup>

*1.10.2 Bacterias del ácido acético (BAA).* También llamadas miembros del género *Acetobacter* se caracterizan por convertir el alcohol etílico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) en ácido acético

(CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>H) a través de una oxidación. El ácido acético se da mediante una reacción en varias etapas que incluye: la modificación del almidón en azúcares a través de amilasas, la conversión anaeróbica de azúcares a etanol a través del proceso fermentativo con levaduras, la transformación de etanol a acetaldehído hidratado y, por último, la deshidrogenación para obtener ácido acético.<sup>60</sup>

### 1.11 *S. cerevisiae*

La *S. cerevisiae* es una levadura perteneciente al grupo de los ascomicetos, en el cual se incluyen más de 6000 especies, abarcando a las trufas, las colmenillas o el *Penicillium*. Dentro de los constituyentes macromoleculares de la levadura *S. cerevisiae* se comprenden: proteínas, polisacáridos, polifosfatos, glicoproteínas, lípidos y ácidos nucleicos.<sup>57</sup> *Saccharomyces cerevisiae* es la especie de levadura más utilizada en mezclas de cultivos iniciadores candidatos, siendo beneficiosa para mejorar la calidad de los granos de cacao. Sin embargo, la diversidad de especies de levaduras que se producen naturalmente durante la fermentación de la masa de pulpa de cacao es bastante alta.<sup>56</sup>

### 1.12 *Lactobacillus plantarum*

Se ha reportado que *Lactobacillus plantarum*, al igual que otras bacterias del ácido láctico, puede producir metabolitos con actividad antioxidante, lo que influiría en la estabilidad oxidativa en subproductos del cacao. Estas bacterias pueden generar compuestos fenólicos bioactivos que protegen la manteca de cacao de la rancidez.<sup>61</sup>

### 1.13 Melaza

Es un subproducto que se obtiene de la caña en el transcurso del proceso de refinamiento de la sacarosa y representa un contenido de azúcares totales alrededor del 50% además incluye elementos traza y vitaminas (tiamina, riboflavina, piridoxina y niacinamida). El líquido es espeso y viscosos de tono oscuro prácticamente negro, y mientras más oscura sea, más sabor y nutrientes contiene.<sup>62</sup>

Tabla 2. Perfil químico de la melaza.

Componente	Porcentaje
Proteína	3%
Sacarosa	60-63%
Azúcares reductores	3-5%
Grasas	0,4%
Cenizas	9%
Agua	16%

Fuente:<sup>62</sup>

---

Compuestos nitrogenados 2,5-4,5%

---



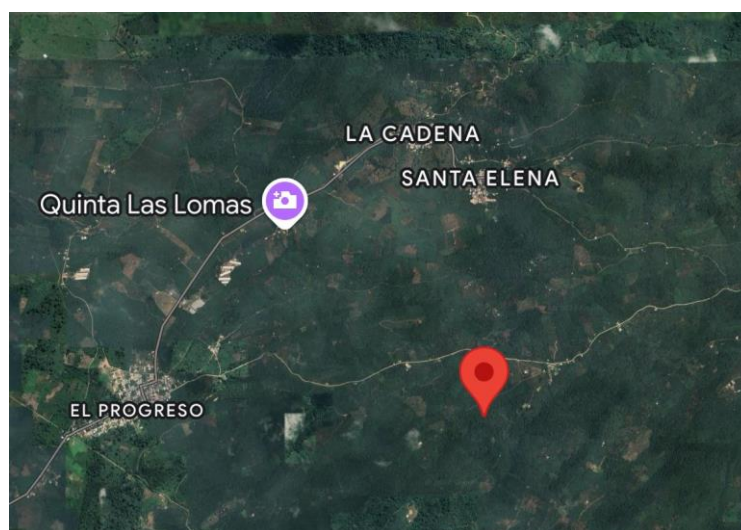
## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Sujeto de análisis

*2.1.1 Recolección de la muestra.* Se utilizó cacao nacional fino en aroma, que se cosechó en la finca "Buenos Aires" ubicada en la parroquia El Progreso, en la figura 6 se observa la ubicación geográfica del lugar de donde se obtuvo la materia prima que luego fueron almacenadas en sacos de polietileno para su traslado al laboratorio hasta el momento de procesarlas.

Figura 6. Ubicación Geográfica Finca "Buenos Aires".



Fuente: Google Maps

*2.1.2 Identificación de variables.* El diseño experimental cuenta con las siguientes variables:

**Variables dependientes:** Sólidos solubles, pH, acidez titulable, contenido fenólico.

**Variables independientes:** Tiempo y tipo de fermentación, y variable respuesta (capacidad oxidativa).

## 2.2 Materiales y métodos

2.2.1 Materiales, reactivos y equipos. Los materiales, reactivos y equipos utilizados en la fase experimental del presente trabajo de investigación se detallan a continuación en la tabla 3

Tabla 3. Materiales, reactivos y equipos empleados para la fase experimental

<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipos</b>
Mandil de laboratorio	Agua destilada	Balanza analítica
Mascarillas	Agua desionizada	Estufa
Cofia	Hidróxido de sodio	Extrusor Xiushi Oil
Guantes	NaOH 0,1N	press
Vasos de precipitación (25 ml; 50 ml; 100 ml)	Ácido dinitrosalicílico (DNS)	3,5 Agitador termo magnético
Tubos de ensayo de 10 ml	Acido gálico	pH-metro Bante 901
Pipeta graduada de 10 ml	Hidróxido de potasio	Fermentador (tanque de presión horizontal metálico)
Micropipetas de 50 y 100 µm	Fenolftaleína	Refractómetro digital
Termómetro Infrarrojo Digital	Carbonato de sodio	Thermo Scientific™
Probetas de 10ml, 25ml, 100ml	Folin Ciocalteu	Espectrofotómetros
Barras agitadoras magnéticas	Metanol	Evolution™ UV Vis
Recipientes para muestras de 30 ml	Acetona	Dr UV-VISIBLE
Mortero con pilón	Melaza marca agripa	6000
Celdas de cuarzo	L. plantarum	Horno de tambor rotatorio
Kiuiom Tubos de Fermentación	SWANSON	Ultrasonido
Gradillas	S. cerevisiae BAKELS	Baño María
Papel filtro		
Marcador permanente		
Tijeras		
Cinta adhesiva de papel		
Fundas ziploc		

*Fuente:* Autoría Propia

## **2.3 Métodos.**

En esta sección se describe los diferentes métodos aplicados a las almendras de cacao.

*2.3.1 Preparación de la materia prima.* Se utilizó cacao fino de aroma (5G) recolectado en la finca "Buenos Aires" ubicada en la parroquia El Progreso, previo a ello, fueron trasladadas al laboratorio y con la ayuda de un machetillo se procedió a romper la mazorca para realizar el desvenado y así separar las almendras pesando 8kg para cada tratamiento.

*2.3.2 Fermentación.* Se colocó 8kg de almendras de cacao dentro de los distintos fermentadores para los tipos de tratamiento correspondientes donde se realizaron 3 fermentaciones (alcohólica, láctica y espontánea) variando las condiciones del sustrato para reducir el sabor amargo de las almendras de cacao fino de aroma. La fermentación espontánea consistió en fermentación alcohólica del mucilago de cacao con los microorganismos endógenos que este posee, al segundo tratamiento se añadió solución de melaza con la misma concentración de azúcares que tiene el mucilago ( $170 \text{ g} * \text{L}^{-1}$ ) y de esta manera todas las almendras se encuentren inmersas en la solución y el tercer tratamiento se añadió solución de melaza al  $170 \text{ g} * \text{L}^{-1}$  de azúcares y levadura *L. plantarum* 3 gramos.

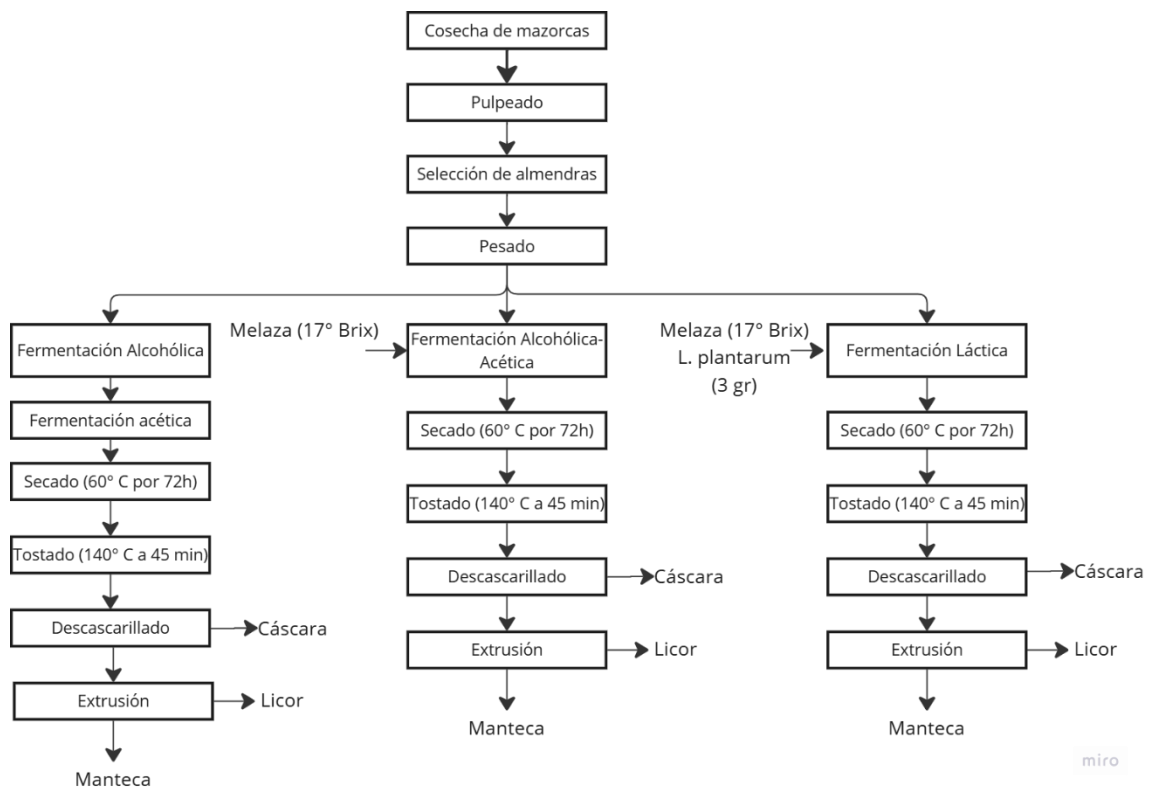
*2.3.3 Secado y tostado.* El secado se realizó de manera natural, es decir, las almendras de cacao se expusieron al sol a una temperatura promedio de  $60^{\circ}\text{C}$  durante 3 días (72 horas), las almendras fueron volteadas de manera manual con la ayuda de un palo, de manera cuidadosa para no dañar la almendra, posteriormente se tostó en un horno de aire caliente a  $140^{\circ}\text{C}$  durante 45 minutos.

*2.3.4 Retiro de cáscaras.* Se eliminó las cáscaras de las almendras ya secas de manera manual.

*2.3.5 Obtención de grasa y licor.* Se realizó la extracción del licor y la grasa del cacao por medio de un extrusor mecánico a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ .

## 2.4 Diagrama de flujo del proceso

Figura 7. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Análisis de las propiedades físico – químicas de las almendras de cacao tras la fermentación

2.5.1 *Análisis de pH.* Para la determinación del pH, se realiza a través del siguiente proceso:

Se prepara la solución a analizar y se coloca en un tubo de ensayo con el pH-metro, calibrado haciendo uso de soluciones buffer de 4, 7 y 10 de pH, se sumerge el electrodo dentro del tubo de ensayo que contiene la solución, y se espera el tiempo necesario para que se establezca la lectura.

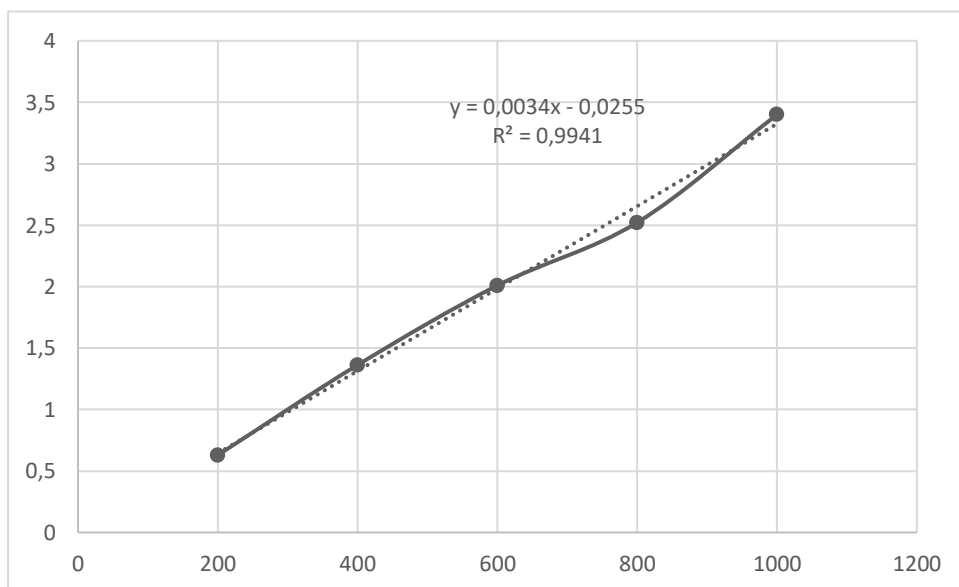
2.5.2 *Cuantificación de sólidos solubles en la muestra (°Brix).* La determinación de los °Brix, comienza con la calibración del refractómetro con agua destilada, de manera que la lectura de cero. Luego se coloca de 1 a 2 gotas de la muestra sobre el prisma, y se cierra

suavemente, verificando que la muestra ocupe toda la superficie del lente. Inmediatamente, se dirige a una fuente de luz, y asegurándose que no existe burbujas, se procede a registrar el valor de los grados °Brix. Al término de la lectura, hay que limpiar con agua destilada.

*2.5. Determinación del contenido fenólico total en licor de cacao.* El extracto de cacao desengrasado (50 µL), fue mezclado con 3 mL de agua y 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu's 1N. Se dejó equilibrar por 8 min. Se adicionó 750 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20% y 950 µL de agua. Se incubó por un tiempo de 30 min al ambiente y se procedió a leer en un espectrofotómetro UV/VIS (Zhimadzu, modelo UVmini-1240) a 765 nm. Se preparó una curva de calibración de ácido gálico (ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico de Sigma-Aldrich,Co.) con concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 ppm, a los cuales se los disolvió en agua.<sup>63</sup>

Los resultados fueron expresados en mg de equivalentes de ácido gálico por gramo de licor de cacao desengrasado (mg de GAE/g) como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Curva de calibración de ácido gálico



Fuente: Elaboración propia

## 2.6 Análisis físico-químicos a la manteca de cacao de los diferentes tipos de fermentación

2.6.1 *Determinación de la cantidad extraíble de manteca.* Luego de tener las almendras sin la cascara, se las colocó en una estufa por 15 minutos antes de ingresar al extrusor mecánico, para esto se pesó una cantidad estipulada, 500 gramos de cada muestra sometida al proceso de fermentación obteniendo de este proceso el licor de cacao y la manteca que luego se pesó para calcular el porcentaje obtenido en relación a la cantidad que ingresó al extrusor.

2.6.2 *Análisis de pH en la manteca.* La toma de pH se realizó mediante un ph-metro marca OAUS started 5000, a cada una de las muestras estudiadas.

2.6.3 *Análisis de la acidez titulable de la manteca.* Para la determinación de la acidez titulable se necesitó: 5 gr de muestra a lo que se le añadió 10 ml de etanol y 90 ml de agua destilada, se agitó por un periodo de 10 minutos y finalmente se añadió 3 gotas de fenolftaleína. Se preparo una solución de NaOH a 0,1 N, la cual se introdujo en una bureta graduada para la medición de la cantidad de mililitros consumidos por la muestra. La muestra es colocada en un vaso de precipitación y se le añade NaOH, midiendo constantemente en el pH-metro hasta tener un viraje en el punto de 7 en la escala de pH.

Una vez obtenido el valor de los ml gastados, se aplicó la ecuación de la Acidez Titulable, para su respectivo cálculo lo que permitió identificar el porcentaje de acidez total presente en la muestra.

Formula de porcentaje de acidez

$$A = \frac{F_a \times V \times N \times F}{V_o} \times 100 \quad (1)$$

V: NaOH consumido en la titulación (ml)

N: normalidad del NaOH

F<sub>a</sub>: constante de acidez (ácido cítrico) (ácido láctico 0.09)

V<sub>o</sub>: cantidad de muestra (ml)

*2.6.4 Análisis del nivel de turbidez en la manteca de cacao.* Para la medición de turbidez de las muestras se diluyeron con 5 mmol/LPBS (pH 7) para obtener 1 mg/ml de solución proteica. La absorbancia de la solución de proteínas a 340 nm se midió mediante un UV-visible DR 6000 marca HACH.

*2.6.5 Análisis de la estabilidad oxidativa en la manteca de cacao.* Se colocó en la estufa a 70 grados centígrados, 10 gramos de cada muestra de manteca en un recipiente abierto por 5 días, para la preparación de la muestra se colocó 1gr de manteca de cacao y 9ml de metanol y se midió gradualmente en un UV-visible DR 6000 marca HACH, para lo cual se llevó cada muestra a ultrasonido durante 15 minutos a temperatura ambiente para homogenizar antes de leer su grado de oxidación en equipo.

## **2.7 Análisis estadísticos**

Para la obtención de datos de la estabilidad de la manteca de cacao de los 3 tratamientos de fermentación en conjunto con la muestra control, se llevó a cabo estadísticamente mediante un análisis de varianza unidireccional (ANOVA), lo que nos permitió evaluar la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (tratamientos fermentativos y muestra de control), considerando un valor de  $p \geq 0,05$  como indicador, este análisis se realizó mediante el uso del software Origin 50.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis físico-químicos de las almendras de cacao

##### 3.1.1 Medición de sólidos solubles (°Brix)

La medición de sólidos solubles permitió entender la evolución de los azúcares en cada tratamiento y diferenciar la velocidad de consumo de cada uno, mediante este monitoreo se puede optimizar el proceso fermentativo para obtener una mejoría en la calidad final del cacao.

En la tabla 4 se muestran la evaluación del contenido de °Brix y temperatura, la cual fueron tomados durante seis días consecutivos de fermentación en las almendras de cacao de tres tratamientos diferentes (M1, M2 y M3).

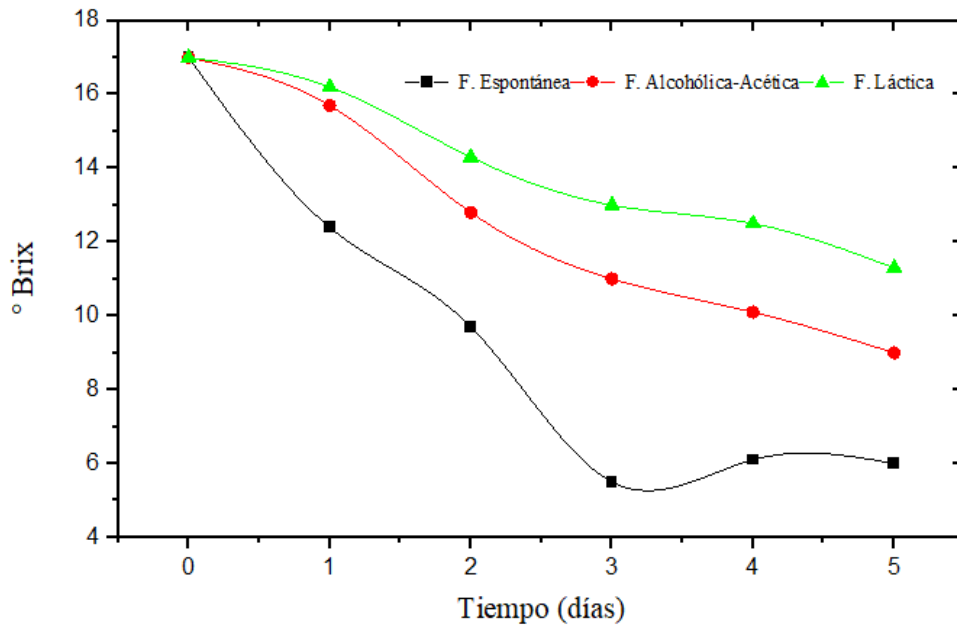
Tabla 4. Medición de °Brix durante el proceso fermentativo

Día	M1		M2		M3	
	F. espontánea		F. alcohólica-Acética		F. láctica	
	Mucilago propio		Melaza		Melaza + L. plantarum	
	Brix	Temp	Brix	Temp	Brix	Temp
0	17	28,7	17	30,3	17	29,1
1	12,4	28,7	15,7	30,3	16,2	29,1
2	9,7	28,7	12,8	30,3	14,3	29,1
3	5,5	28,7	11	30,3	13	29,1
4	6,1	28,4	10,1	29,8	12,5	29,3
5	6	28,4	9	30,3	11,3	29,3

**Fuente:** Elaboración propia.



Figura 9. °Brix durante los días de fermentación



**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 9, se observa la reducción del contenido de sólidos solubles y la temperatura durante el proceso de fermentación en las almendras. Inicialmente, los valores de °Brix en las tres muestras (M1, M2 y M3) se mantuvieron elevados (17 °Brix) el primer día, disminuyendo gradualmente a medida que avanzaba el proceso de fermentación. M1 presentó la disminución más pronunciada, alcanzando 6 °Brix al sexto día, mientras que M2 y M3 mostraron una reducción más moderada, con valores finales de 9 °Brix y 11.3 °Brix, respectivamente. Este descenso se debe a la metabolización de azúcares fermentables por los microorganismos. La temperatura, en cambio, se mantuvo relativamente constante en las tres muestras, con variaciones entre 28,4 y 30,3 °C. Estos resultados evidencian la actividad fermentativa, donde una mayor disminución de °Brix indica mayor consumo de azúcares, destacando la influencia del tipo de fermentación sobre la dinámica de conversión de carbohidratos.

Investigaciones similares indican que las levaduras, el ácido láctico y el ácido acético que se encuentran relacionados con el proceso de fermentación del cacao son los encargados de dar el aroma y sabor en la almendra.<sup>64</sup>

### 3.1.2 pH

Es la medida de alcalinidad del grano de cacao y que está altamente relacionado con la calidad del mismo, además, se menciona que el análisis de pH es crucial para obtener un producto final con excelentes características en lo que respecta al desarrollo eficaz del sabor, por lo que se ha identificado un rango de pH óptimo para maximizar los sabores, este rango va de (5,20 a 5.49).<sup>65</sup>

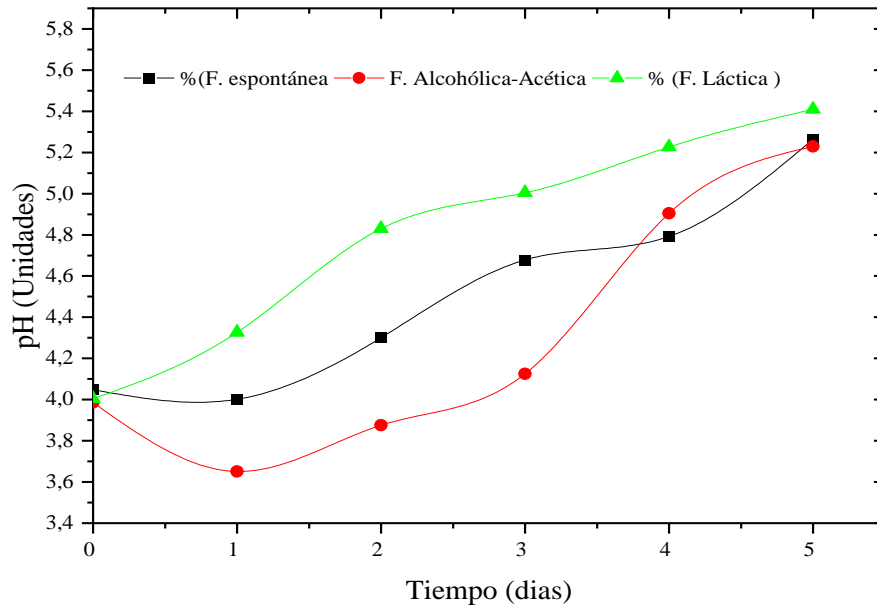
En la Tabla 5, se presentan valores de pH tomadas durante 6 días consecutivos a las muestras M1, M2 Y M3, tomando en cuenta desde el día cero que fue cuando comenzó el proceso de fermentación.

Tabla 5. Variación de pH durante la fermentación de las almendras de cacao

	<b>F. espontánea</b>	<b>F. alcohólica- Acética</b>	<b>F. láctica</b>
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>
<b>Día</b>	<b>pH</b>		
0	4,049	3,986	4,004
1	4,001	3,651	4,326
2	4,3	3,875	4,83
3	4,678	4,125	5,004
4	4,792	4,904	5,227
5	5,264	5,229	5,41

**Fuente:** Elaboración propia.

Figura 10. pH durante la F. espontánea, F. Alcohólica-Acética con melaza y F. Láctica con melaza y L.plantarum en la almendra.



**Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura 10, se muestra el incremento del pH durante los días de fermentación alcohólica de las almendras en las muestras M1, M2 y M3. Inicialmente, el pH fue bajo en todas las muestras (alrededor de 4), destacando M2 con el valor más bajo (3,986) y M1 con el más alto (4,049). A lo largo de la fermentación, el pH aumentó progresivamente, alcanzando en el quinto día valores de 5,264 (M1), 5,229 (M2) y 5,41 (M3). Este incremento refleja la reducción de la acidez, atribuida al consumo de ácidos orgánicos por los microorganismos y la formación de productos de fermentación menos ácidos. La curva más pronunciada se observó en M3, indicando un proceso de neutralización más acelerado en comparación con M2. El aumento del pH sugiere una actividad microbiana efectiva, asociada a la degradación de compuestos que influye directamente en la disminución de acidez.

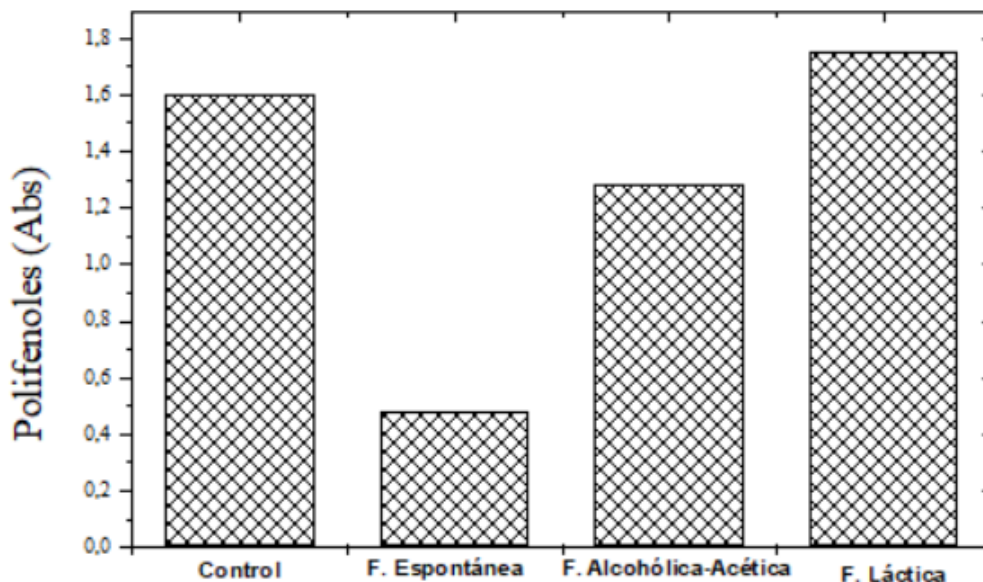
El incremento de pH en las almendras coincide con estudios ya antes realizados, en los cuales, sus valores van progresivamente desde 4 a 5 durante los días 1 al 5, además, afirma

que un método de fermentación controlado se encuentra directamente relacionado con una mejoría en las características sensoriales (aroma y sabor) y físico-químicas (pH, acidez, polifenoles, azúcares fermentables) del cacao.<sup>66</sup>

### 3.1.3 Determinación de contenido fenólico

El contenido fenólico de las almendras de cacao posterior a un proceso de fermentación se ve altamente relacionado con la disminución de astringencia y amargor del grano de cacao, es decir, el contenido de fenoles disminuye según la efectividad del proceso de fermentación.<sup>67</sup>, motivo por el cual se lo debe tener en cuenta al momento de analizar y comparar las muestras.

Figura 11. Contenido fenólico durante el proceso fermentativo en la almendra.



**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura 11 demuestran que la fermentación influyó en el contenido fenólico de las almendras, observándose un incremento en las muestras sometidas a fermentación láctica (M3) y alcohólica-acética (M2). La mayor acumulación fenólica en M3 (1,752 Abs)

sugiere que este proceso promueve la liberación de compuestos fenólicos ligados, posiblemente por la degradación celular y transformación de precursores fenólicos. El contenido en M1 (0,4812 Abs) evidencia un menor efecto de la fermentación espontánea, mientras el control (1,602 Abs) refleja un proceso natural intermedio.

Una investigación a fin al tema muestra que el contenido fenólico de las almendras de cacao disminuye con el paso de los días de fermentación y que este factor tiempo ve ligado a al contenido de fenoles, sin embargo, aunque el enfoque de este análisis en específico se realizó por tipo de fermentador, las muestras si presentan valores variados haciendo referencia al tipo de fermentación.<sup>68</sup>

### 3.2 Análisis físico-químicos en la manteca de cacao

#### 3.2.1 Análisis de acidez y pH en la manteca

Uno de los puntos claves al analizar las características físicas y químicas de la manteca de cacao es la toma de pH y acidez, debido a que este análisis se ha reportado como uno de los parámetros diferenciadores de la calidad de la manteca, según se menciona en estudios previos.<sup>69</sup>

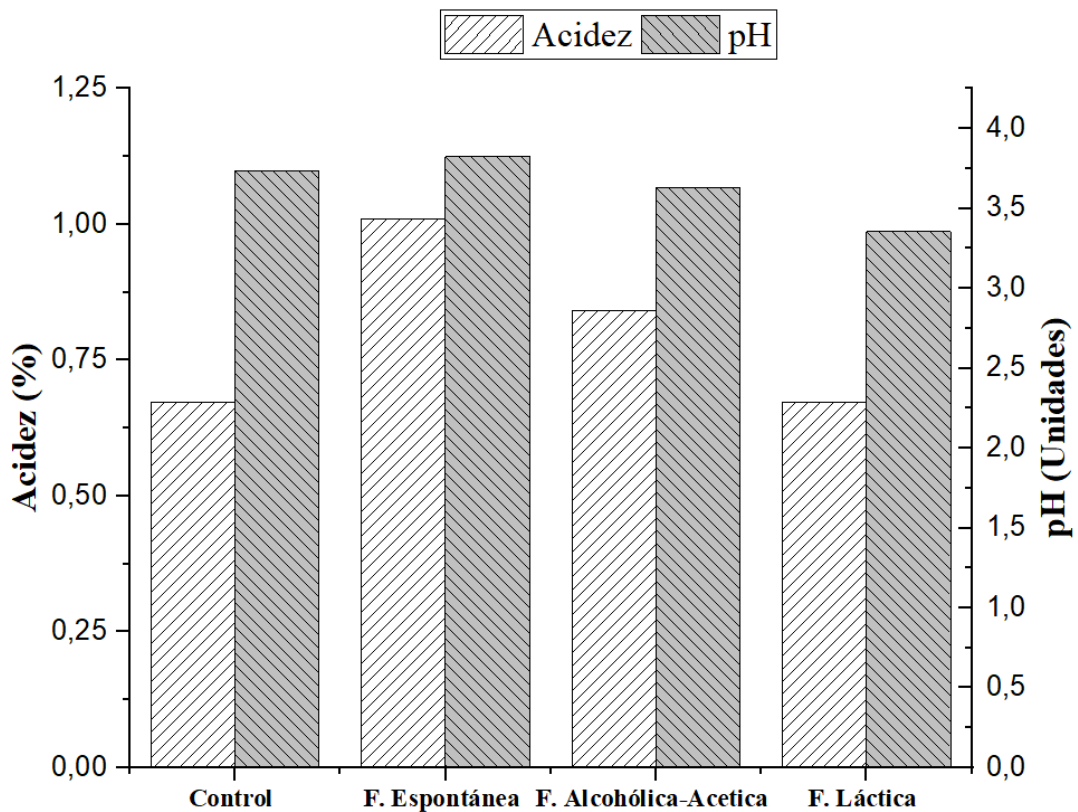
En la Tabla 7, se muestran los datos de pH y acidez en la manteca de cacao que se obtuvo de las 4 muestras (M1, M2, M3 Y M4), evidenciando diferencias entre ellas en lo que confiere a su estabilidad química.

Tabla 6. Análisis del pH acidez y en la manteca de cacao

<b>Muestras</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez</b>
<b>Control</b>	3,734	0,62832%
<b>F. Espontánea</b>	3,629	0,8415%
<b>F. alcohólica-Acética</b>	3,353	0,6732%
<b>F. Láctica</b>	3,734	0,62832%

**Fuente:** Elaboración propia.

Figura 12. Acidez y pH durante la F. espontánea, F. Alcohólica-Acética con melaza y F. Láctica con melaza y *L. plantarum* en la manteca de cacao.



**Fuente:** Elaboración propia.

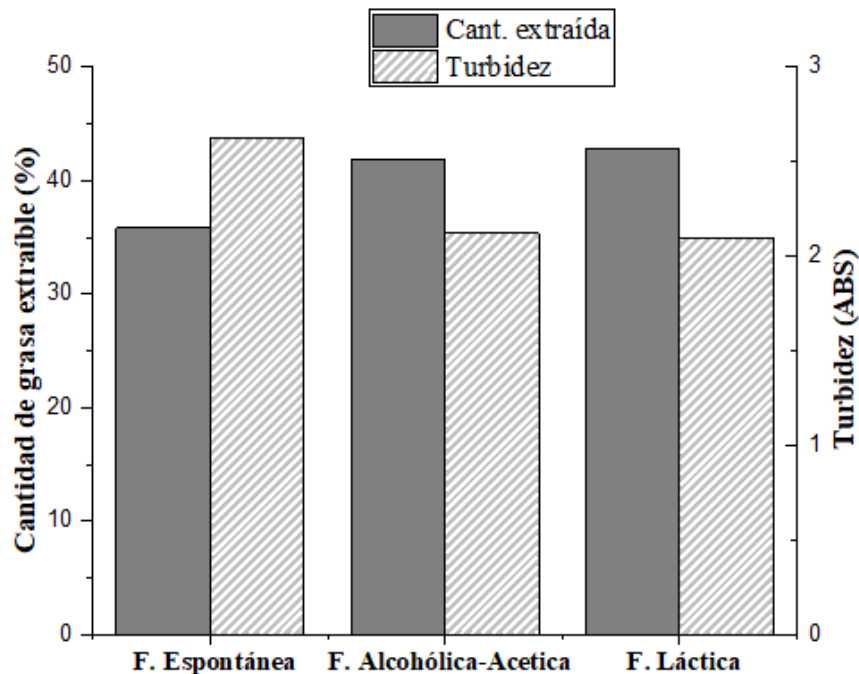
Dentro de la figura 12, se presenta la relación entre la acidez y el pH de las distintas muestras de manteca de cacao extraída. La muestra M1 registró la mayor acidez (1,0098%) y el pH más elevado (3,824), evidenciando una acumulación significativa de ácidos. M2 presentó una acidez moderada (0,8415%) y un pH de 3,629, mientras que M3 mostró una acidez reducida (0,6732%) y el pH más bajo (3,353), indicando mayor neutralización ácida. Finalmente, M4 tuvo la menor acidez (0,62832%) y un pH de 3,734, destacando un equilibrio favorable entre ambos parámetros.

Según el CODEX ALIMENTARIUS, la manteca de cacao debe contener menos del 1,75% de ácido oleico.<sup>70</sup>

### 3.3 Turbidez y cantidad extraíble

Por medio de métodos analíticos tradicionales como: la medición de la temperatura, el contenido de grasa sólida (SFC) y la turbidez se puede analizar las propiedades reológicas del producto obtenido (manteca de cacao).<sup>71</sup>

Figura 13. Turbidez y cantidad extraíble durante la F. espontanea, F. Alcohólica-Acética con melaza y F. Láctica con melaza y *L. plantarum* en la manteca de cacao



**Fuente:** Elaboración propia.

Dentro de figura 13, se analiza la relación entre la turbidez y la cantidad de manteca extraída en las diferentes muestras. La muestra M1 presentó la menor cantidad de manteca extraída (35,84%) y la mayor turbidez (2,622 unidades ABS), lo que indica una posible presencia de partículas suspendidas. Por su parte, M2 y M3 registraron cantidades mayores de manteca extraída (41,894% y 42,832%, respectivamente) y niveles de turbidez menores (2,124 y 2,098 unidades ABS). Esto sugiere que el proceso de fermentación más eficiente puede contribuir a una menor turbidez y mayor extracción de grasa.

Los resultados de cantidad extraíble se asemejan a estudios anteriores, los cuales confieren a que, la cantidad que normalmente se extrae de manteca de cacao sigue encontrándose entre un rango predecible de 36-48%.<sup>72</sup>

### 3.4 Capacidad oxidativa

Se menciona la oxidación de los lípidos a un conjunto complejo de reacciones de radicales libres contemplado por oxígeno y ácidos grasos que al momento de degradarse da resultado a la llamada también rancidez.<sup>73</sup>

Tabla 7. Análisis de varianza de la oxidación de la manteca de cacao

<b>Fuente</b>	<b>Media</b>	<b>Varianza</b>	<b>N</b>
Control	3,0964	9,63E-5	5
F. Espontanea	3,0922	1,767E-4	5
F. Alcohólica-Acética	3,039	0.00225	5
F. Láctica	3,0926	7,23E-5	5

F = 5,80578  
p = 0,00698

\*. La diferencia significativa de medias con un nivel de significancia del 95% ( $p \leq 0.05$ )

**Fuente:** Elaboración propia.

El análisis del ANOVA establece En tabla 10, se muestra el análisis ANOVA aplicado a la oxidación de las grasas en distintas muestras y días. Estos resultados sugieren que el tipo de fermentación afecta la estabilidad oxidativa de la manteca de cacao, siendo la fermentación alcohólica-acética la que generó mayor variabilidad y posible inestabilidad, mientras que la fermentación láctica mantuvo una composición más estable. El análisis ANOVA reveló diferencias significativas entre algunas muestras, indicando que ciertos factores durante el almacenamiento influyeron en la estabilidad oxidativa.



## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- La fermentación Láctica tuvo un impacto significativo en la extracción y estabilidad de la manteca de cacao, teniendo mayor recuperación de grasa y valores estables en capacidad oxidativa, a comparación de la fermentación espontánea que tuvo una baja eficiencia.
- La cantidad de manteca extraída varió según el tipo de fermentación. Se observó que algunos tratamientos favorecieron una mayor extracción, mientras que otros afectaron la eficiencia del proceso. Además, los análisis fisicoquímicos permitieron corroborar que el tipo de fermentación influye a la composición química de las almendras y consecuentemente a la calidad de la manteca extraída.
- En cuanto a la turbidez de la manteca de las 3 muestras que se sometieron a fermentación, se registró que, la fermentación láctica destaca como el proceso más favorable sugiriendo menor cantidad de partículas en suspensión, puesto que, combina una alta cantidad extraíble con una baja turbidez.
- El grado de oxidación de la manteca de cacao varió entre los tratamientos fermentativos, mostrando diferencias estadísticamente significativas. En contraste, la fermentación láctica fue más consistente en la calidad lipídica.

## CAPÍTULO V

### 5. RECOMENDACIONES

#### 5.1 Recomendaciones

- Es fundamental considerar que el tiempo de secado sea uniforme y continuo para evitar alteraciones en la calidad del grano que influyan en el rendimiento graso y las propiedades físicas y químicas de la manteca.
- Para optimizar procesos, es necesario realizar mediciones regulares de turbidez y grasa extraíble como indicador esencial de calidad, específicamente en las etapas de fermentación y post-procesamiento.
- Resaltar y promover el uso de cacao nacional optimizado mediante procesos controlados, lo que no solo mejorará la calidad del producto final, sino que también añadirá valor a la cadena productiva y fortalecerá la industria local.
- Se recomienda hacer una evaluación del perfil lipídico para establecer el cambio de la estructura de las grasas.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Ana R. García-Briones , Bryan F. Pico-Pico, R. E. J. La Cadena de Producción Del Cacao En Ecuador: Resiliencia En Los Diferentes Actores de La Producción. *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología* **2021**, 4 (2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>.
- (2) González Rosado, L. L.; Moreira Sornoza, W. G.; Dueñas Rivadeneira, A. A. La Cadena de Comercialización Del Cacao Fino de Aroma, Cantón Pichincha, Ecuador. *ECA Sinergia* **2022**, 13 (3), 86–95. <https://doi.org/10.33936/ecasinergia.v13i3.4689>.
- (3) Salazar, E.; Valenzuela, R.; Aguilar, M.; Aranda, N.; Sotelo, A.; Chire-Fajardo, G. C.; Ureña, M. Physicochemical Properties and Microbial Group Behavior of Postharvest Peruvian Cocoa Bean (*Theobroma Cacao L.*). *Enfoque UTE* **2020**, 11 (4), 48–56. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v11n4.602>.
- (4) de Barros Kobi, H.; Bragança Alves Fernandes, R.; Salgado de Senna, D.; Lorraine Rodrigues Borges, L.; Cristina Teixeira Ribeiro Vidigal, M.; Cesar Lima Marrocos, P.; Viana Freitas, V.; Sampaio da Silveira de Souza, M.; Abranches Dias Castro, G.; Antonio Fernandes, S.; da Costa Ribeiro Ferraz, K.; Cesar Stringheta, P. Metabolic Profile of Fatty Acids, Phenolic Compounds, and Methylxanthines of Cocoa Kernels (*Theobroma Cacao L.*) from Different Cultivars Produced in Cabruca and Full Sun Farming Systems. *Food Research International* **2024**, 197, 115198. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115198>.
- (5) Ostrowska-Ligęza, E.; Brozio, S.; Bryś, J.; Głowacka, R.; Górska, A.; Mańko-Jurkowska, D.; Wirkowska-Wojdyła, M. The Assesment of Oxidative Stability and Melting Characteristic of Palm Oil and Cocoa Butter. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* **2020**, No. 596, 45–54. <https://doi.org/10.22630/zppnr.2019.596.5>.
- (6) Wang, D.; Xiao, H.; Lyu, X.; Chen, H.; Wei, F. Lipid Oxidation in Food Science and Nutritional Health: A Comprehensive Review. *Oil Crop Science* **2023**, 8 (1), 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2023.02.002>.

- (7) Camargo, I. D.; Rodriguez-Silva, L. G.; Carreño-Olejua, R.; Montenegro, A. C.; Quintana-Fuentes, L. F. High Temperature and Nib Acidification during Cacao-Controlled Fermentation Improve Cadmium Transfer from Nibs to Testa and the Liquor's Flavor. *Sci Rep* **2024**, *14* (1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62609-8>.
- (8) Beno, J.; Silen, A. P.; Yanti, M. No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Braz Dent J.* **2022**, *33* (1), 1–12.
- (9) Ossa, J. A.; Vanegas, M. C.; Badillo, Á. M. EVALUACIÓN DE LA MELAZA DE CAÑA COMO SUSTRATO PARA EL CRECIMIENTO DE *Lactobacillus Plantarum* EVALUATION OF CANE MOLASSES AS SUBSTRATE FOR *Lactobacillus Plantarum* GROWTH. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* **2010**, *13* (1), 97–104.
- (10) Nayely Leonela Elaje Solis. “Análisis de Las Características de Calidad Del Grano de Cacao Fino de Aroma Ecuatoriano Demandadas Por El Comercio Nacional e Internacional.” Autora: Nayely Leonela Elaje Solis, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO, 2022. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11361/E-UTB-FACIAG-ING-AGROP-000201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- (11) Morales Rodríguez, W. J.; Carlosama Martínez, J. M.; Sinchi Rivas, C. A.; Alderete Rendón, A. J.; Vallejo Torres, C. A.; Morales Cedeño, W. J. Calidad Química Del Cacao (*Theobroma Cacao L.*) Tipo Nacional de La Parroquia Valle Hermoso – Ecuador. *Ciencia y Tecnología* **2024**, *17* (1), 38–49. <https://doi.org/10.18779/cyt.v17i1.692>.
- (12) Erazo, C. *Diseño de Un Fermentador y Secador Solar Piloto, Para Dos Variedades de Cacao (Theobroma Cacao L), En El Cantón El Empalme Provincia Guayas.*; 2019.
- (13) Ayala, H.; Kaiser, D.; Pavón, S.; Molina, E.; Siguenza, J.; Bertau, M.; Lapo, B. Valorization of Cocoa's Mucilage Waste to Ethanol and Subsequent Direct

- Catalytic Conversion into Ethylene. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* **2022**, No. April. <https://doi.org/10.1002/jctb.7095>.
- (14) Acuña, C. El Cacao En La Costa Ecuatoriana: Estudio de Su Dimensión Cultural y Económica. *Estudios de la Gestión. Revista Internacional de Administración* **2020**, 7 (7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>.
- (15) Ibarra Velásquez, A. Cacao y Su Aporte al Desarrollo Ecuatoriano. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* **2019**, 3, 1–10.
- (16) Vega gonzalez, R. J.; Castro Salinas, D.; Pajuelo Risco, F. M.; Honorio Javes, C. E.; Hernandez-Valdez, J. E. Subproductos de Cacao (Theobroma Cacao) En La Alimentación Animal: ¿Una Alternativa Viable y Sostenible? *Manglar* **2024**, 21 (1), 127–134. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.013>.
- (17) Quiñones, M.; Miguel, M.; Aleixandre, A. Los Polifenoles, Compuestos de Origen Natural Con Efectos Saludables Sobre El Sistema Cardiovascular. *Nutr Hosp* **2012**, 27 (1), 76–89. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>.
- (18) Carbo Avellán, S. C. Estudio Socio-Económico Del Cultivo de Cacao (Theobroma Cacao L.) En La Parroquia Febres Cordero, Cantón Babahoyo, Universidad Tecnica de Babahoyo, 2018. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5447>.
- (19) Prihastanti, E.; Nurchayati, Y. Nitrogen and Phosphorus as Macronutrients of Cocoa (Theobroma Cacao) and Their Physiological Functions in Different Planting Patterns of Cultivation in Central Java, Indonesia. *Rev Fac Nac Agron Medellin* **2022**, 75 (3), 10061–10070. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v75n3.97593>.
- (20) Sosa Pablo, E. J. “ Variación Morfológica de Frutos y Semillas de Cacao ( Theobroma Cacao L .) de Plantaciones de Huimanguillo y Cunduacán , Tabasco ,” Instituto Tecnológico de Huimanguillo, 2021. [https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4206/1/Variación morfológica de frutos y semillas de cacao %28Theobroma cacao L.%29 de plantaciones.pdf](https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4206/1/Variación%20morfológica%20de%20frutos%20y%20semillas%20de%20cacao%20Theobroma%20cacao%20L.%29%20de%20plantaciones.pdf).
- (21) Toaquiza Vallejo, V. P. Principales Componentes Químicos Asociaos a La Calidad de Materiales Seleccionados de Cacao Ecuatoriano, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2022. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17571>.

- (22) Uscha, A.; Barrezueta, S. Diagnóstico Del Circuito Producción-Consumo Del Cacao En La Parroquia Progreso, Provincia El Oro. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas* **2020**, 3 (2), 112–117.
- (23) Ruiz Lopez, H. R. Pronóstico de Las Exportaciones Del Cacao Ecuatoriano Para El 2018 Con El Uso de Modelos de Series de Tiempo. *INNOVA Research Journal* **2018**, 3 (6), 9–20. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n6.2018.713>.
- (24) Mendoza Vargas, E. Y.; Cervantes Molina, X.; Zamora Cevallos, E. A. Recorrido Histórico de La Importancia Del Cacao Para La Economía de Ecuador. *Sinergias educativas* **2022**, 1 (1), 13.
- (25) Cedeño Coll, E. P.; Dilas-Jiménez, J. O. Producción y Exportación Del Cacao Ecuatoriano y El Potencial Del Cacao Fino de Aroma. *Qantu Yachay* **2022**, 2 (1), 08–15. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i1.17>.
- (26) Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (CEPAL); Vicepresidencia del Ecuador. Diagnóstico de La Cadena Productiva Del Cacao En El Ecuador. *Resumen elaborado por la Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el cambio de la matriz productiva - Vicepresidencia del Ecuador*. **2015**, 10 pp.
- (27) Naguas-Parra, M.; Cabrera-Marquéz, M.; Ollague-Valarezo, J.; Romero-Black, W. Impacto de La Producción y Comercialización de Semielaborados de Cacao - Provincia El Oro. *593 Digital Publisher CEIT* **2021**, 6 (3), 465–475. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.3.609>.
- (28) Ministerio de Producción, Comercio Exterior, I. y Pesca. Análisis Trimestral. **2024**, 18.
- (29) Christian, R.; Steven, R. Mejora En La Producción y Exportación de Cacao Colombiano Mediante La Aplicación de Las Políticas Públicas Utilizadas En Ecuador y Perú. 1–60.
- (30) Leon Villamar, F.; Calderon Salazar, J.; Mayorga Quinteros, E. Estrategias Para El Cultivo, Comercialización y Exportación Del Cacao Fino de Aroma En Ecuador / Strategies for Cultivation, Marketing and Export of Aroma Fine Cocoa in Ecuador. *Ciencia Unemi* **2016**, 9 (18), 45–55. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss18.2016pp45-55p>.

- (31) Córdova, P. A. M.; Cox, B. F. E.; Angulo, R. C. C.; Caicedo, J. A. Logros y Avances En La Investigación Del Cultivo Del Cacao (*Theobroma Cacao*. L) En La Escuela de Agronomía de La Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, FACAAM – UTELV de Esmeraldas. *Ciencia Digital* **2019**, *3* (2.6), 162–179.
- (32) Quintana Fuentes, L. F.; Gómez Castelblanco, S. Perfil Del Sabor Del Clon CCN51 Del Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Producido En Tres Fincas Del Municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación* **2011**, *5* (1), 45. <https://doi.org/10.22490/25394088.594>.
- (33) Amador Sacoto, C.; Alvarado Barzallo, A.; Farah Asang, S. E.; Martillo Garcia, J. J. Caracterización Morfológica Del Cacao Nacional “*Theobroma Cacao* L.” Del Cantón Naranjal, Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL* **2022**, *34* (4), 80–97. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.978>.
- (34) Acevez, L. C.; Mojica, L. Cacao Criollo Cultivado En México : Características Físicoquímicas , Aromáticas y Bioactivas. **2023**, No. May 2024.
- (35) Erazo-Solórzano, C.; Bravo-Franco, K.; Tuárez-García, D.; Fernández-Escobar, Á.; Torres-Navarrete, Y.; Vera-Chang, J. EFECTO DE LA FERMENTACIÓN DE CACAO (*Theobroma Cacao* L.), VARIEDAD NACIONAL Y TRINITARIO, EN CAJAS DE MADERAS NO CONVENCIONALES SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DEL LICOR DE CACAO. *Revista de Investigación Talentos* **2021**, *8* (2), 42–55.
- (36) Jiménez Peña, C. R.; Palacios Hilario, A. Y. Optimización de La Extracción de Manteca de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Por Lixiviación Utilizando La Metodología de Superficie de Respuesta, 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3810>.
- (37) Mustiga, G. M.; Morrissey, J.; Stack, J. C.; DuVal, A.; Royaert, S.; Jansen, J.; Bizzotto, C.; Villela-Dias, C.; Mei, L.; Cahoon, E. B.; Seguíne, E.; Marelli, J. P.; Motamayor, J. C. Identification of Climate and Genetic Factors That Control Fat Content and Fatty Acid Composition of *Theobroma Cacao* L. Beans. *Front Plant Sci* **2019**, *10* (October), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01159>.

- (38) Riaño H., N. M.; Chica M., M. J.; Echeverri G., L. F.; Aguirre M., J. L.; Ortiz, A.; Pineda S.R., R. P.; Olarte N., H. H. Total Fat, Profile of Fatty Acids and Triglycerides from Fine Cocoa Aroma: Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela | Contenido de Grasa Total, Perfil de Ácidos Grasos y Triglicéridos Proveniente de Cacaos Finos de Aroma: Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela. *Vitae* **2016**, *23*, S226–S230.
- (39) Ovando, I.; Vásquez, A.; Anaya, L.; Bentacur, D.; Salvador, M. Cocoa Alkaloids and Polyphenols, Mechanisms Regulating Their Biosynthesis and Their Implications on Flavor and Aroma. *Latin American Archives of Nutrition* **2016**, *66* (3), 239–253.
- (40) Álvarez Aspiazu, A.; Vera Chang, J.; Vallejo Torres, C.; Tuarez García, D. Obtención De Manteca a Partir De Almendras Infestadas Con Monilla, En Cinco Clones Experimentales De T. Cacao. *Universidad Ciencia y Tecnología* **2020**, *24* (105), 43–53. <https://doi.org/10.47460/uct.v24i105.380>.
- (41) Founding, A. *Ask the Alchemist* #320. Chocolate Alchemy.
- (42) Mori Mestanza, D.; Zuta Chamoli, V.; Barrera Gurbillón, M. Á.; Oliva Cruz, M.; Chávez Quintana, S. G. Análisis de Los Compuestos Volátiles de Cacao Nativo Fino de Aroma de Granos Tostados y Sin Tostar. *Revista Científica Pakamuros* **2021**, *9* (4), 133–147. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i4.243>.
- (43) Wiedemer, A. M.; McClure, A. P.; Leitner, E.; Hopfer, H. Roasting and Cacao Origin Affect the Formation of Volatile Organic Sulfur Compounds in 100% Chocolate. *Molecules* **2023**, *28* (7), 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules28073038>.
- (44) Zambrano, A.; Romero, C.; Gómez, Á.; Ramos, G.; Lacruz, C.; Brunetto, R.; Galignani, M.; Gutiérrez, L.; Delgado, Y. Evaluación Química de Precursores de Aroma y Sabor de Cacao Criollo Merideño Durante La Fermentación En Dos Condiciones Edafoclimáticas. *Agronomía Tropical* **2010**, *60* (2), 211–219.
- (45) Tello-Alonso, S.; Avedaño-Arrazate, C. H.; Vásquez-Murrieta, M. S.; López-Cortéz, M. S. Contenido de Compuestos Bioactivos En Theobroma Cacao L. (Seco



- y Fermentado) de La Región Del Soconusco, Chiapas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* **2020**, 5 (2014), 584–589.
- (46) Chávez-Salazar, Á.; Cueva-Benavides, A.; Muñoz-Delgado, V.; Documet-Petrlik, K.; Vidaurre-Rojas, P. Beneficio Del Cacao Clones CCN-51, ICS-39 y Cacao Nativo (*Theobroma Cacao L.*). *Revista agrotecnológica amazónica* **2022**, 2 (1). <https://doi.org/10.51252/raa.v2i1.255>.
- (47) Fajardo, L.; Figueredo, Y.; Rosabal, U.; Guardia, Y.; Rodríguez, S.; Silva, J. J.; Viera, Y. Contenido de Polifenoles Totales En Callos de *Theobroma Cacao L.* Clon ‘UF-650.’ *Biotecnol Veg* **2020**, 20 (1), 63–72.
- (48) Rodríguez, M. Polifenoles y Vitaminas En La Protección Del Daño Genético Inducido Por Metales Con Potencial Cancerígeno. *Nutricion Clinica Medica* **2019**, XIII (3), 129–139. <https://doi.org/10.7400/NCM.2019.13.3.5078>.
- (49) Madroñal, M. H.; de Armas, M. R.; Lasa, B. V. Polifenoles: Propiedades y Papel En Desarrollos Biomédicos. *Revista de plásticos modernos* **2022**, 123 (775), 2.
- (50) Jhimmy Saucedo Cercado. Determinación Del Contenido de Teobromina En Licor de Cacao (*Theobroma Cacao L.*) de Los Clones ICS-95 y CCN-51, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO. <https://core.ac.uk/download/pdf/287334803.pdf>.
- (51) González-Alejo, F.; Barajas-Fernández, J.; García-Alamilla, P. Extracción de Compuestos Solubles de La Cascarilla de Cacao Con CO<sub>2</sub> Supercrítico. Caso de Metilxantinas y Grasa TT - Extraction of Soluble Compounds from Cocoa Shell with Supercritical CO<sub>2</sub> . A Methilxantines and Fat Case. *CienciaUAT* **2019**, 13 (2), 128–140.
- (52) Ortiz S., J.; Chungara, M.; Ibieta, G.; Alejo, I.; Tejeda, L.; Peralta, C.; Aliaga-Rossel, E.; Mollinedo, P.; Peñarrieta, J. M. Determinación De Teobromina, Catequina, Capacidad Antioxidante Total Y Contenido Fenólico Total En Muestras Representativas De Cacao Amazónico Boliviano Y Su Comparación Antes Y Después Del Proceso De Fermentación. *Revista Boliviana de Química* **2019**, 1 (36.1), 40–50. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.1.4>.

- (53) Campoverde Mori, J. R.; Jiménez Jiménez, W. J.; Zamora Guevara, J. A.; Mariscal Santi, W. E. Antioxidantes y Química Computacional. *Reciamuc* **2022**, *6* (3), 387–398. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.387-398](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.387-398).
- (54) Ferreira de Oliveira, A. P.; Milani, R. F.; Efraim, P.; Morgano, M. A.; Tfouni, S. A. V. Cd and Pb in Cocoa Beans: Occurrence and Effects of Chocolate Processing. *Food Control* **2021**, *119* (July 2020), 107455. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107455>.
- (55) Córdova, M.; Solórzano, J.; Moreira, C.; Latorre, G. Cinética De Fermentación Acética Utilizando Acetobacter Aceti Como Agente Biológico Acetic Fermentation Kinetics Using Acetobacter Aceti As a Biological Agent. *Revista Científica ‘INGENIAR’: Ingeniería, Tecnología e Investigación* **2022**, *5* (10), 81–94.
- (56) Díaz-Muñoz, C.; Van de Voorde, D.; Tuentler, E.; Lemarcq, V.; Van de Walle, D.; Soares Maio, J. P.; Mencía, A.; Hernandez, C. E.; Comasio, A.; Sioriki, E.; Weckx, S.; Pieters, L.; Dewettinck, K.; De Vuyst, L. An In-Depth Multiphasic Analysis of the Chocolate Production Chain, from Bean to Bar, Demonstrates the Superiority of *Saccharomyces Cerevisiae* over *Hanseniaspora Opuntiae* as Functional Starter Culture during Cocoa Fermentation. *Food Microbiol* **2023**, *109* (April 2022). <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104115>.
- (57) Quiñonez Cedeño, N. A. OBTENCIÓN DE ÁCIDO ACÉTICO A BASE DEL FERMENTO NATURAL DEL MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma Cacao* L.). *Milenaria, Ciencia y Arte* **2024**, No. 19, 56.
- (58) Puerta, G. Fundamentos Del Proceso de Fermentación. *Federación Nacional de Cafeteros en Colombia* **2020**, 12.
- (59) Morocho, M. T.; Leiva-mora, M. Microorganismos e Cientes , Propiedades Funcionales y Aplicaciones Agrícolas Efficient Microorganisms , Functional Properties and Agricultural Applications. *Centro Agricola* **2019**, *46* (2), 93–103.
- (60) Ariza Vargas, D. C.; Gómez Saldaña, G. A. Revisión de Los Procesos de Obtención de Ácido Acético Mediante Fermentación Del Lactosuero. **2022**, 103.

- (61) Foong, Y. J.; Lee, S. T.; Ramli, N.; Tan, Y. N.; Ayob, M. K. Incorporation of Potential Probiotic *Lactobacillus Plantarum* Isolated from Fermented Cocoa Beans into Dark Chocolate: Bacterial Viability and Physicochemical Properties Analysis. *J Food Qual* **2013**, *36* (3), 164–171. <https://doi.org/10.1111/jfq.12028>.
- (62) Castro, E.; Lagos, E. Caña de Azúcar y Subproductos de La Agroindustria Azucarera En La Alimentación de Rumiantes. *Agronomía Mesoamericana* **2019**, *30* (3), 917–934.
- (63) Vega, A.; De León, J. A.; Reyes, S. M. Determinación Del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. *Informacion Tecnologica* **2017**, *28* (4), 29–38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>.
- (64) Rojas Rojas, K.; Hernández Aguirre, C.; Mencía Guevara, A. Transformaciones Bioquímicas Del Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Durante Un Proceso de Fermentación Controlada. *Agronomía Costarricense* **2021**, 53–65. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45694>.
- (65) Gutierrez, M. El Valor Del PH Como Indicador de La Calidad Del Cacao. **2021**.
- (66) Neira Mosquera, J. A.; Revilla Escobar, K. Y.; Aldas Morejon, J. P.; Sánchez Llaguno, S. N. Métodos de Fermentación Del Cacao Nacional (*Theobroma Cacao*) y Su Influencia En Las Características Físico-Químicas, Contenido de Cadmio y Perfiles Sensoriales. *Alternativas* **2020**, *21* (3), 42–48. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.339>.
- (67) Chávez-Salazar, A.; Guevara-Pérez, A.; Encina-Zelada, C.; Vidaurre-Rojas, P.; Muñoz-Delgado, V. Condiciones de Fermentación y Secado En Las Características Físico Químicas Del Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Cultivar CCN 51. *Revista Agrotecnológica Amazónica* **2023**, *3* (2), e555. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.555>.
- (68) Rivera Fernández, R. D.; Barrera Álvarez, A. E.; Guzmán Cedeño, Á. M.; Medina Quinteros, H. N.; Casanova Ferrín, L. M.; Peña Galeas, M. M.; Nivelá Morante, P. E. EFECTO DEL TIPO Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD

- FÍSICA Y QUÍMICA DEL CACAO (*Theobroma Cacao* L.) TIPO NACIONAL. *Ciencia y Tecnología* **2012**, 5 (1), 7–12. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.77>.
- (69) Pera, J. A.; Ramirez, O. L.; Villamizar, A. R. Caracterización Físicoquímica de Materiales Regionales de Cacao Colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* **2011**, 9 (1), 35–42.
- (70) Codex, A.; Adoptada, S. A.--. *NORMA PARA LA MANTECA DE CACAO CXS 283-1978*; 2022.
- (71) Sato, K.; Ueno, S. Physical Properties of Fats in Food. In *Wiley Blackwell* 6; 2014; Vol. 9781405195, pp 1–38. <https://doi.org/10.1002/9781118788745.ch1>.
- (72) CAROLINA EVANGGILETH RIVERA AGUILAR. “ RENDIMIENTO Y ACIDEZ DE LA MANTECA DE CACAO (*Theobroma Cacao* L.) EXTRAÍDA POR PRESIÓN DEL GRANO DESHIDRATADO Y TOSTADO ”, 2022. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5457/TESIS FINAL - Sheyla Areli Terrones Carrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5457/TESIS_FINAL_-_Sheyla_Areli_Terrones_Carrera.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- (73) Mozuraityte, R.; Kristinova, V.; Rustad, T. Oxidation of Food Components. In *Encyclopedia of Food and Health*; Elsevier, 2016; pp 186–190. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00508-0>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Preparación de las muestras y análisis físico-químicos

#### 1. Fermentadores



Fuente: Elaboración propia

#### 2. Secado



Fuente: Elaboración propia

### 3. Tostado



3.

Fuente: Elaboración propia

### 4. Acidez



Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Extracción de manteca de cacao

### 1. Estufa



Fuente: Elaboración propia

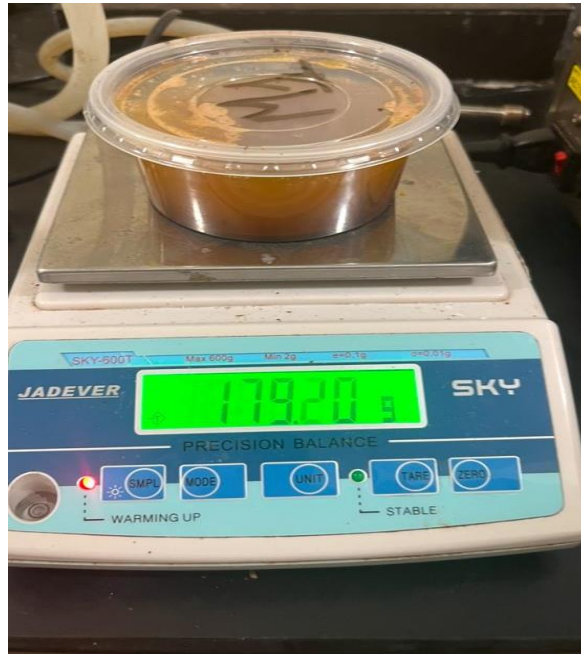
### 2. Extracción de la manteca



Fuente: Elaboración propia



### 3. Peso de la manteca (M1)



Fuente: Elaboración propia

### 4. Cantidad extraída



Fuente: Elaboración propia



### Anexo 3. Capacidad oxidante y turbidez

#### 1. Muestras en estufa



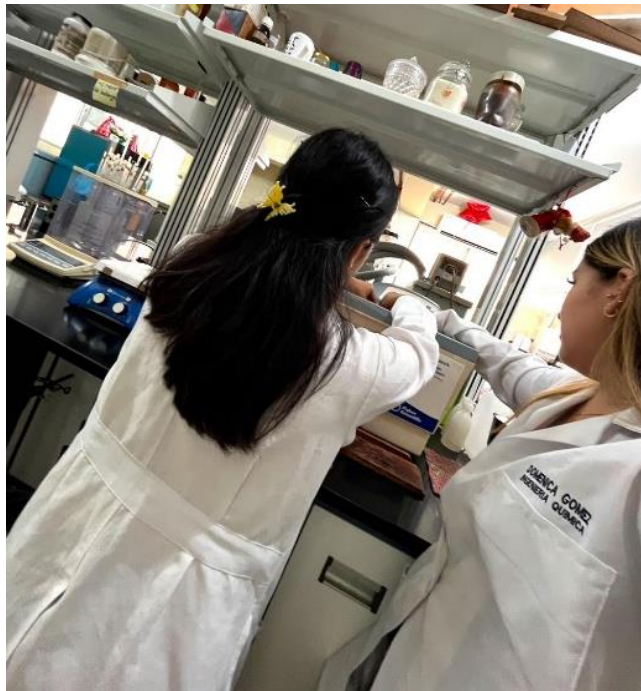
Fuente: Elaboración propia

#### 2. Adición de metanol



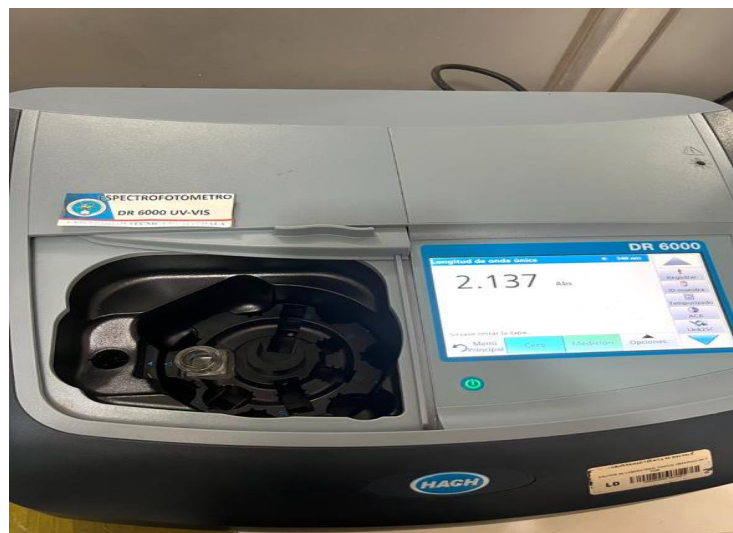
Fuente: Elaboración propia

## 5. Muestras en ultrasonido



Fuente: Elaboración propia

## 4. Medicion



Fuente: Elaboración propia