

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**UTILIZACIÓN DE CÁSCARA Y MUCÍLAGO DE CAFÉ EN LA
ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA**

POR:

AYBI DANIELA MENDOZA MATUTE

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2025

**UTILIZACIÓN DE CÁSCARA Y MUCÍLAGO DE CAFÉ EN LA
ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA**

POR:

AYBI DANIELA MENDOZA MATUTE

EMERSON JOSUE MARTINEZ JIMENEZ

Asesor principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A RECIBIR TITULO UNIVERSITARIO**

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2025

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y por permitirme llegar a este punto de mi carrera, tan importante para mi formación profesional, así como por su infinito amor.

A mi madre Heydi Damaris Matute Martínez quien es uno de los pilares fundamentales en mi vida, siendo la motivación para poder cumplir mis sueños y metas, también a mi abuela Herminia Martínez que en paz descanse.

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar las gracias a Dios por sus bendiciones y darme la valentía de seguir adelante para poder lograr mis metas.

A mi madre por su amor y apoyo durante toda mi vida, donde sus palabras de aliento ayudaron en todo el camino de mi carrera.

A toda mi familia en general por sus sabios consejos y compartir conmigo momentos de alegría.

A todas mis amistades y a mi novio que estuvieron presentes en momentos difíciles y celebraron éxitos conmigo, muchas gracias.

A mi Facultad de Ciencias Tecnológicas de la UNAG por instruirme profesionalmente por cuatro años, así mismo agradezco a mis asesores; Ph.D Emerson Martínez, Ph.D. Mario Gonzales y M. Sc Francisco Sánchez por su apoyo y orientación en este proceso

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CONTENIDO	iii
I. INTRODUCCIÓN	8
II. OBJETIVOS	10
III. REVISIÓN DE LITERATURA	11
3.1 Café	11
3.1.1. Cáscara de café	12
3.1.2 Mucílago de café	12
3.2 Bebidas fermentadas	13
3.3 Levaduras en la fermentación del café.....	14
3.4 Aprovechamiento de residuos.....	14
3.5 Utilización de residuos de alimentos en la industria alimentaria.....	15
3.6 Nuevos productos de café	15
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1 Localización.....	17
4.2 Materiales y equipo	17
4.2.1 Equipos e instrumentos.....	17
4.3 Metodología.....	19
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1 Análisis fisicoquímicos	23
5.2 Análisis sensorial.....	27
VI. CONCLUSIONES	24

VII. RECOMENDACIONES	31
VIII. ANEXOS	32
IX. BIBLIOGRAFIA	36

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Descripción de los materiales y equipos.....	18
Tabla 2. Materia Prima	18
Tabla 3. Tratamientos	21
Tabla 4. Medición de grados brix	23
Tabla 5. Medición de pH	24
Tabla 6. Medición de temperatura	25
Tabla 7. Medición de % de alcohol	26
Tabla 8. Análisis sensorial	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Partes del fruto de café	11
Figura 2.Planta de granos y cereales	17
Figura 3.Diagrama de flujo de bebida fermentada	20
Figura 4.Grafica de aceptabilidad general.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluación sensorial.....	32
Anexo 2. Recolección de materia prima.....	33
Anexo 3. Materia prima.....	33
Anexo 4. Despulpado	33
Anexo 5. Cáscara y mucílago.....	33
Anexo 6. Pesado de los azúcares.....	33
Anexo 7. Preparación de la fermentación.....	33
Anexo 8. Activación de levadura	34
Anexo 9. Bebida fermentada.....	34
Anexo 10. Datos por día.....	34
Anexo 11. Datos por día.....	34
Anexo 12. Esterilización de botellas	34
Anexo 13. Filtración.....	34
Anexo 14. Bebida fermentada lista	35
Anexo 15. Análisis sensorial.....	36
Anexo 16. Análisis sensorial.....	36

Mendoza Matute, Aybi Daniela (2025) Utilización de cáscara y mucílago de café para la elaboración de una bebida fermentada. Tesis de grado. Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, C.A. 42 pp.

Resumen

En la industria cafetalera, la cáscara y el mucílago son subproductos comúnmente desechados, a pesar de su potencial nutricional. Este estudio tuvo como objetivo utilizar la cáscara y el mucílago del café como fuente de nutrientes para desarrollar una bebida fermentada, aprovechando una levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) y diferentes tipos de azúcares (azúcar de mesa y panela) en concentraciones de 10 a 15 °Brix. Se evaluaron seis tratamientos durante un proceso de fermentación de seis días, midiendo parámetros fisicoquímicos como porcentaje de alcohol, pH, grados Brix y temperatura. Los resultados mostraron una disminución progresiva de los grados Brix en todos los tratamientos, reflejando la conversión de azúcares en alcohol. El pH varió según el tipo y la concentración del edulcorante, siendo la panela en alta concentración la que mejor reguló el pH. Las temperaturas se mantuvieron estables entre 25 y 28 °C. El porcentaje de alcohol alcanzó sus valores máximos entre los días 3 y 5, seguido de una leve disminución, lo que sugiere que concentraciones moderadas de azúcar favorecen la fermentación, mientras que niveles más altos podrían limitarla. Los tratamientos que incorporaron tanto cáscara como mucílago (T2, T3, T4 y T5) fueron los más eficientes en este comportamiento fermentativo. En conclusión, el uso de la cáscara y el mucílago del café como base para bebidas fermentadas es una alternativa sostenible y viable, demostrando que, mediante biotecnología adecuada, se pueden valorizar residuos agroindustriales y generar productos con valor añadido.

I. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria ha experimentado una transformación significativa debido al creciente interés por la sostenibilidad y la reducción de residuos. Este cambio ha sido impulsado tanto por la creciente conciencia ambiental como por las presiones regulatorias que buscan minimizar el impacto negativo en el entorno. Sin embargo, la implementación efectiva de prácticas de manejo de residuos sigue siendo un desafío considerable para muchas empresas (Peñuela *et al.*, 2021).

Uno de los sectores agrícolas que más atención ha recibido en términos de sostenibilidad es el del café, debido tanto a su alta demanda mundial como al volumen significativo de residuos que genera durante su procesamiento. El manejo adecuado de estos residuos representa una oportunidad clave para implementar prácticas más sostenibles, alineadas con los esfuerzos globales por reducir el impacto ambiental en la cadena de suministro alimentaria.

El café es uno de los cultivos comerciales más importantes y ampliamente utilizados en el mundo. Después de cosechar las cerezas de café maduras, son realizados varios procesos para convertir estos frutos en granos de café crudo (verde). Comúnmente, existen tres métodos de procesamiento diferentes que se utilizan para obtener granos de café verde a partir de las cerezas de café, siendo los métodos: húmedo, seco y semiseco (Haile & Kang, 2019).

Cada año, la industria del café genera más de 10 millones de toneladas de desechos de café en todo el mundo. Los desechos consisten en cascara, pulpa, mucílago, películas plateadas, y posos de café usados, que se derivan de los diferentes pasos involucrados en el procesamiento del café, incluida la cosecha, el procesamiento, el tostado y la infusión (Lee *et al.*, 2023).

Por lo antes descrito, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo utilizar la cáscara y mucílago de café como fuente de nutrientes, en la elaboración de una bebida fermentada con utilización de una levadura comercial, dándole a estos un valor agregado ya que en la mayoría de las ocasiones la cáscara y el mucílago terminan como desechos en la producción de café.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la viabilidad del uso de la cáscara y mucílago de café como sustrato para la elaboración de una bebida fermentada.

Objetivos específicos

Evaluar la cáscara y mucílago de café como sustrato para la elaboración de una bebida fermentada.

Evaluar sensorialmente el sabor, el olor, el color y la aceptabilidad general de la bebida fermentada.

Monitorear el comportamiento de la levadura inoculada y el control (sin cáscara y mucilago) a través de parámetros fisicoquímicos en la producción de la bebida fermentada.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Café

El café (*Coffea arabica* L.) se destaca como uno de los cultivos agrícolas más importantes a nivel global. Esta bebida es ampliamente consumida en diversas regiones del mundo. En su composición, contiene varias sustancias bioactivas, entre las cuales la cafeína, un compuesto derivado de las xantinas, es la más reconocida. Además, este es considerado como una fuente significativa de polifenoles y otros compuestos fenólicos (González & González, 2024).

El café es una de las bebidas más consumidas en el mundo, y su popularidad ha impulsado la necesidad de aumentar constantemente la variedad y mejorar las características del café como un producto básico. La popularidad del café como bebida básica también ha traído efectos secundarios no deseados, ya que la producción, el procesamiento y el consumo de café están acompañados de impresionantes cantidades de desechos relacionados al mismo que pueden ser una amenaza para el medio ambiente, en la figura 1 se muestran las partes del fruto de café (Ruta & Farcasanu, 2021).

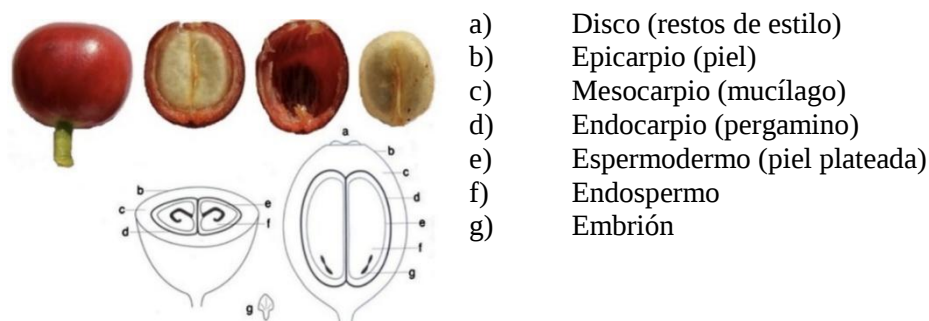


Figura 1. Partes del fruto de café (Arya *et al.*, 2022).

3.1.1. Cáscara de café

La cáscara es el primer subproducto que se obtiene durante el procesamiento del fruto del café, representando aproximadamente el 43.58 % del peso en su estado húmedo. No obstante, su manejo ha representado un desafío tanto en el procesamiento en seco como en húmedo, ya que los granos secos resultantes constituyen solo una tercera o cuarta parte del peso original del fruto fresco. Como consecuencia, se genera una gran cantidad de residuos. Sin embargo, en aquellas zonas donde las plantas procesadoras están ubicadas cerca de las plantaciones, una parte de este subproducto se ha aprovechado en pequeña escala como abono orgánico (Vilela *et al.*, 2019).

La cáscara de café y el mucilago representan altas proporciones de la biomasa total de la cereza de café en base al peso seco, alcanzando un estimado de 0.5 y 0.2 toneladas métricas por tonelada métrica de café fresco, respectivamente. Además estos subproductos contienen altos niveles de carbohidratos, minerales y proteínas, así como altos contenidos de cafeína, ácido clorogénico y taninos, lo que limita su uso como alimento animal o como fertilizante debido a los efectos negativos de estos compuestos en la salud animal y la germinación de semillas y el crecimiento de las plantas (Arya *et al.*, 2022).

3.1.2 Mucílago de café

El mucílago del café es un residuo líquido y viscoso generado durante el procesamiento del grano, que en muchos casos se desecha sin tratamiento previo, directamente en fuentes de agua, provocando serios problemas de contaminación ambiental. Las propiedades físicas y químicas de este subproducto varían según la especie y variedad del café. Diversos estudios han demostrado que la proporción mucílago/agua tiende a incrementarse con la altitud. En cuanto a su composición, el mucílago está formado principalmente por agua (84.2 %), proteínas (8.9 %), azúcares reductores (4.1 %), pectinas (0.91 %) y cenizas (0.7 %). Conocer esta composición química es esencial no solo para comprender el proceso de fermentación

del café, sino también para evaluar su potencial como contaminante ambiental si no se maneja adecuadamente (Blinová & Sirotiak, 2019).

3.2 Bebidas fermentadas

Recientemente, la fermentación ha experimentado un renovado interés en la industria alimentaria. Las bebidas fermentadas a base de frutas son algunas de las más antiguas consumidas a nivel mundial, y en los últimos años, se ha intensificado la investigación para evaluar sus propiedades funcionales, debido a la conciencia de los consumidores sobre su efecto positivo en la salud humana, principalmente relacionado con el contenido de compuestos bioactivos y su supuesto efecto probiótico (Keşa *et al.*, 2021).

Por lo tanto, se han propuesto varios métodos para mejorar la extracción de compuestos bioactivos de las materias primas, tanto en la etapa prefermentativa (por simple maceración, decocción y por extracción asistida por fluidos supercríticos, microondas, ultrasonidos o enzimas) como durante la fermentación o postfermentación, utilizando procesos y tecnologías optimizadas que puedan prolongar la vida útil y la calidad de las bebidas de frutas fermentadas (Keşa *et al.*, 2021).

La fermentación del mucílago de café, rico en azúcares naturales, es un proceso clave en la producción de bebidas fermentadas a partir de subproductos del café. Durante este proceso, microorganismos como la levadura *Saccharomyces cerevisiae* convierten los azúcares presentes en el mucílago en etanol y dióxido de carbono en un ambiente anaeróbico. Este proceso no solo transforma los azúcares en alcohol, sino que también genera compuestos aromáticos y sabores que pueden enriquecer el perfil sensorial de la bebida fermentada. Además, la fermentación controlada del mucílago de café permite diversificar el uso del café, reduciendo el desperdicio y agregando valor a los residuos, contribuyendo así a prácticas más sostenibles en el sector cafetalero (Olivares, 2020).

3.3 Levaduras en la fermentación del café

Las levaduras son microorganismos importantes que se utilizan en diferentes procesos de fermentación. En el café, varios estudios han demostrado que la microbiota de los frutos también son un factor relevante. El proceso de fermentación (independientemente del tipo de procesamiento) mejora la calidad de la bebida. En este sentido, los estudios que utilizan cultivos iniciadores en esta materia prima son importante para un mejor control del proceso y la optimización del tiempo de fermentación, además de la mejora y diversificación de los compuestos volátiles y no volátiles producidos por las levaduras (Bressani *et al.*, 2023).

Las cepas de *S. cerevisiae* utilizadas en el proceso de fermentación de café han demostrado tener un efecto especial en las propiedades químicas y sensoriales de la bebida final al influir en la composición de carbohidratos hacia un buen rendimiento de glucosa y fructosa, mostrando también una buena adaptabilidad al proceso de fermentación y proporcionando ácidos cítrico y succínico que son determinantes para la buena calidad del café (Ribeiro *et al.*, 2017).

3.4 Aprovechamiento de residuos

Los residuos del café a menudo se ven como un inconveniente, pero pueden transformarse en productos valiosos mediante el uso de tecnologías limpias y enfoques de gestión de residuos sostenibles. Se pueden extraer o producir diversos compuestos, como lípidos, lignina, celulosa, hemicelulosas, taninos, antioxidantes, cafeína, polifenoles, carotenoides, flavonoides y biocombustibles, a través de procesos de reciclaje, recuperación o valorización energética. sostenible (Lee *et al.*, 2023).

Según Lee *et al.* (2023) los subproductos generados a partir de los residuos de la producción de café incluyen las hojas y flores de la planta, así como la cáscara, el mucílago, la cascarilla

plateada provenientes del procesamiento, y los posos de café resultantes del consumo. Para aprovechar al máximo estos subproductos, es fundamental desarrollar una infraestructura adecuada y promover la colaboración entre científicos, empresas y responsables de políticas públicas, lo cual permitiría la reducción sostenible de contaminantes ambientales asociados al procesamiento del café.

3.5 Utilización de residuos de alimentos en la industria alimentaria

La industria cafetalera genera anualmente millones de toneladas de subproductos, como la pulpa y la cáscara del café, que representan una fracción significativa de la biomasa del grano. Tradicionalmente considerados residuos, estos materiales contienen compuestos valiosos como carbohidratos, minerales, proteínas, cafeína, ácido clorogénico y taninos. Sin embargo, la presencia de estos compuestos limita su uso directo como alimento para animales o fertilizante debido a efectos adversos en la salud animal y en la germinación de semillas (Kwak, 2023).

No obstante, la biomasa de la pulpa y la cáscara de café ha sido utilizada para la producción de biogás y en el cultivo de hongos, donde se aprovecha hasta el 73% del sustrato, y el resto puede emplearse como fertilizante. Además, estos subproductos son útiles en la producción de bioetanol, biocombustibles, enzimas y compuestos bioactivos, lo que resalta su potencial en la economía circular y en la reducción del impacto ambiental de la industria cafetalera (Kwak, 2023)

3.6 Nuevos productos de café

La tendencia actual en la industria alimentaria se centra en crear nuevos productos que cumplan con altos estándares de calidad y seguridad, atendiendo las demandas y preferencias de los consumidores. A medida que adoptan un estilo de vida más sostenible, los consumidores se vuelven más exigentes, prefiriendo productos naturales, más saludables,

innovadores y sabrosos, que posean propiedades nutracéuticas y sostenibles, y que contengan una cantidad mínima de conservantes químicos o procesos de transformación. Así, se hace cada vez más evidente el crecimiento sostenible del mercado de alimentos funcionales, donde los jugos de frutas y las bebidas fermentadas de frutas están ganando un papel destacado (Pinto *et al.*, 2022).

Con la perspectiva de que el café alcance un ambiente totalmente sustentable, se debe tener en cuenta que aún existen subproductos que no han recibido tanta popularidad para ser reutilizados. Quizás por una subestimación de su potencial, o por el auge que han recibido hoy otros subproductos, el agua utilizada en el lavado del café, que tiene potencial económico y sustentable, permanece científicamente inexplorada como subproducto. Se sabe que una de las principales preocupaciones en relación con la sustentabilidad de la cadena productiva del café involucra la recuperación de una gran cantidad de sus subproductos generados incluidos más de 10 millones de toneladas de residuos sólidos, junto con grandes cantidades de aguas residuales y residuos de cultivos (Campos *et al.*, 2021).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

La investigación se realizó en el municipio de Catacamas, departamento de Olancho. En la UNAG (Universidad Nacional de Agricultura) en la planta procesadora de granos y cereales



Figura 2. Planta de granos y cereales

4.2 Materiales y equipo

4.2.1 Equipos e instrumentos

Para el desarrollo de la investigación se hizo uso de diferentes materiales y equipos los cuales se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los materiales y equipos

Materiales equipo
Despulpadora
Envases de 5.5 Litros
Trampas de fermentación
Alcoholímetro
Peachimetro
Refractómetro
Termómetro
Pasteurizador
Beaker
Probeta
Bascula
Refrigerador
Estufa
Papel filtro

4.2.2 Materia Prima

El café que se utilizó en el trabajo de investigación fue obtenido del área de cultivos industriales de la Universidad Nacional de Agricultura

Tabla 2. Materia Prima

Materia Prima
Cáscara
Mucílago de café
Azúcar
Panela de dulce
Levadura

4.3 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos plasmados y el desarrollo de la investigación se implementaron diferentes procesos los cuales se describen a continuación:

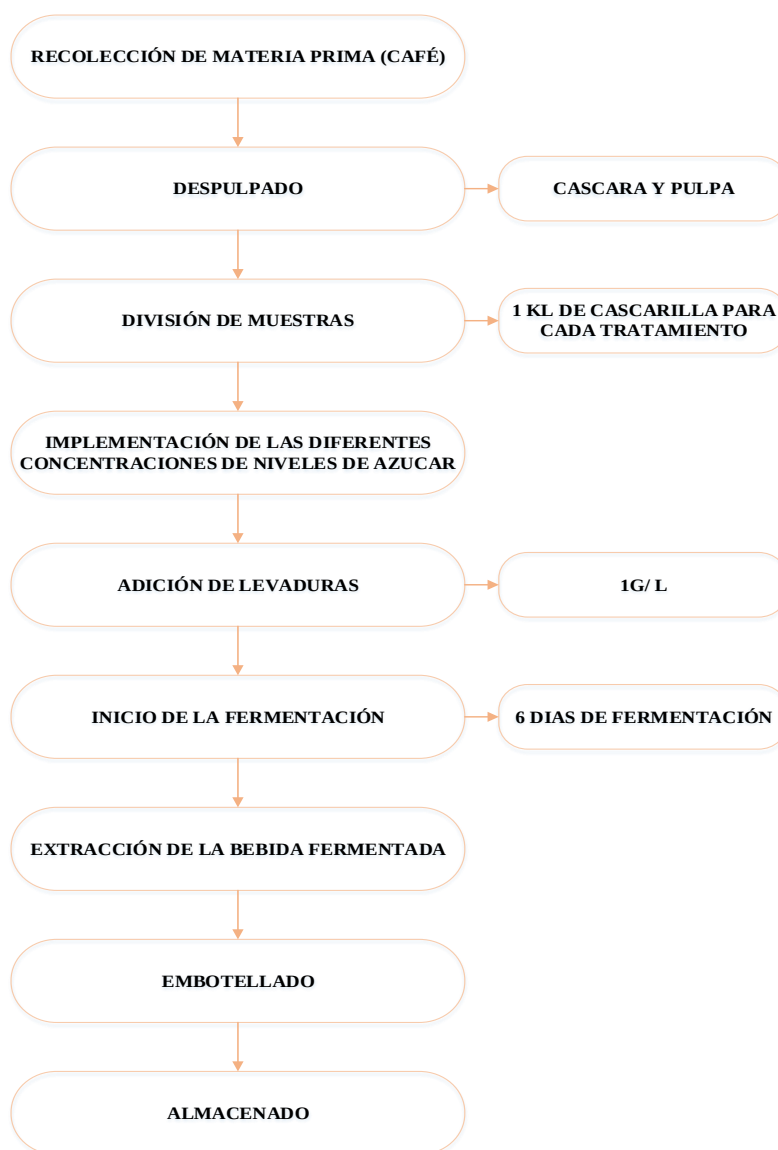
Obtención de cáscara y mucílago de café:

En el contexto del proyecto de investigación enfocada en la utilización en la cáscara y mucílago de café para la elaboración de una bebida fermentada se llevó a cabo la recolección del grano de café maduro recolectado del área de cultivos industriales en la Universidad Nacional de Agricultura. El café se llevó a la despulpadora para poder desprender el grano de la cascarilla, que es la que se utilizó ya que esta obtiene la cáscara y el mucílago.

Preparación de la fermentación:

Para la elaboración de la bebida fermentada se diseñaron seis tratamientos experimentales que se muestran en la tabla 3, de los cuales cuatro incluyeron 1 kg de cascarilla de café como base fermentable. A cada uno de estos tratamientos se le adicionó un tipo y concentración distinta de edulcorante: azúcar de mesa o panela, ajustados a concentraciones de 10° y 15° Brix, respectivamente. Los otros dos tratamientos correspondieron a controles, consistentes en soluciones de azúcar de mesa o panela diluidas en agua, ambos ajustados a 10° Brix, sin adición de cascarilla ni mucílago. Una vez preparados los mostos, se procedió a inocular con 1 g/L de levadura activa seca EC-1118 (*Saccharomyces cerevisiae*), marca LALVIN, en cada uno de los tratamientos. Cada tratamiento se replicó tres veces, obteniéndose un total de 18 muestras fermentadas para el análisis experimental.

Figura 3. Diagrama de flujo de bebida fermentada



Análisis fisicoquímicos

Para el análisis fisicoquímico de la bebida fermentada, se midieron

Grados brix del mosto con el refractómetro ocular, los días 1, 3, 5 y 6.

Se midió el pH, con un pHmetro digital de la marca PmoYoko. Primero, se calibro el pHmetro usando soluciones buffer estándar. Y de igual manera se tomó datos del día 1, 3, 5 y 6.

Medición de la temperatura se utilizó un termómetro digital con sonda y esto se tomó datos a partir del día 3, el día 5 y 6.

El % de alcohol en la bebida se utilizó un medidor de alcohol profesional de mano ATC se tomó datos del día 3, 5 y 6.

Evaluación sensorial:

Se evaluaron los 6 tratamientos realizados aplicando una prueba sensorial de escala hedónica de cinco puntos donde se evaluaron los atributos (color, sabor, olor y aceptabilidad general) siguiendo un protocolo diseñado para obtener una valoración representativa de la aceptación del producto entre consumidores no entrenados la bebida fermentada fue sometido a una evaluación sensorial utilizando una muestra de 75 jueces no entrenados, quienes participaron en un análisis de percepción organoléptica en las instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura. (Ramírez, 2012)

Definición de los tratamientos

Tabla 3. Tratamientos

Tratamientos	
Testigo (agua y azúcar).	T1
Concentración de 50% de cáscara y mucílago de café, con azúcar blanca (15 brix).	T2
Concentración de 50% de cáscara y mucílago de café, con azúcar blanca (10 brix).	T3
Concentración de 50% de cáscara y mucílago de, con azúcar de panela (15 brix).	T4
Concentración de 50% de cáscara y mucílago de, con azúcar de panela (10 brix).	T5
Testigo (agua y Panela)	T6

Definición de variables:

Variables independientes

- Concentración de cáscara y mucílago de café.
- Concentración de los niveles de azúcar.
- Días de fermentación

Variables dependientes

- Contenido alcohólico
- Análisis sensorial
- Análisis fisicoquímicos

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques incompletos este se utilizó ya que no fue factible incluir en cada bloque todos los tratamientos mostrados en la tabla 3. El diseño de bloques incompletos es un tipo de diseño experimental en el que no todos los tratamientos se incluyen en cada bloque, pero sí se distribuyen estratégicamente entre ellos para que puedan compararse de forma justa.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis fisicoquímicos

Tabla 4. Medición de grados brix

Tratamientos	Grados brix			
	DIA 0	DIA 3	DIA 5	DIA 6
T1	10 ^a	7 ± 0 ^c	7 ± 0 ^c	5.83 ± 0.29 ^c
T2	10 ^a	3.33 ± 0.29 ^a	3.17 ± 0.29 ^a	3 ± 0 ^a
T3	15 ^b	5 ± 0 ^b	5 ± 0 ^b	5 ± 0 ^c
T4	10 ^a	3.5 ± 0.50 ^a	3.83 ± 1.04 ^a	3.5 ± 0.5 ^b
T5	15 ^b	5 ± 0 ^b	5 ± 0 ^b	5 ± 0 ^c

Letras iguales en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas P (> 0.05), según test LSD.

T1 = Control azúcar a 10 Brix

T2= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 10 Brix

T3= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 15 Brix

T4= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 10 Brix

T5= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 15 Brix

En la tabla 4 se presentan los valores de los grados Brix de cinco tratamientos a lo largo de un periodo de almacenamiento de seis días (días 1, 3, 5 y 6), observándose una tendencia general a la disminución de los sólidos solubles en todos los casos. Esta reducción sugiere una pérdida progresiva de azúcares fermentables, atribuible principalmente a la actividad microbiológica. Según estudios de (Quintero, 2012) este proceso ocurre ya que durante la fermentación del café, los azúcares presentes en el mucílago, como la glucosa, fructosa y sacarosa, son metabolizados por microorganismos como levaduras (por ejemplo, *Saccharomyces cerevisiae*) y bacterias lácticas (como *Lactobacillus* spp.).

Estos microorganismos utilizan los azúcares como fuente de energía, produciendo etanol y ácidos orgánicos, lo que resulta en una disminución de los sólidos solubles medidos en grados Brix (Sobrinho, 2011). Los tratamientos con mayor concentración inicial de azúcares (T3 y

T5, ambos con 15° Brix) lograron mantener niveles relativamente estables, alrededor de 5° Brix hasta el sexto día. Por el contrario, los tratamientos formulados con una concentración inicial de 10° Brix (T2 y T4) evidenciaron una disminución más acelerada, destacando T2 como el de mayor pérdida desde el tercer día. La comparación entre T2 y T4 sugiere que la utilización de panela podría conferir ventajas en la conservación de azúcares, el tratamiento control (T1), que no incluyó mucílago ni cáscara, presentó una reducción de los grados Brix, lo cual indica que estos componentes adicionales pueden modificar la dinámica de los azúcares solubles. En síntesis, tanto la concentración inicial de sólidos solubles como el tipo de edulcorante empleado influyen significativamente en la estabilidad de los grados Brix durante el almacenamiento.

Tabla 5. Medición de pH

Tratamientos	pH			
	DIA 1	DIA 3	DIA 5	DIA 6
T1	3.23 ± 0.14 ^a	3.3 ± 0.31 ^a	3.82 ± 0.40 ^a	3.43 ± 0.41 ^a
T2	3.89 ± 0.09 ^b	4.1 ± 0.30 ^b	4.1 ± 0.19 ^a	4.2 ± 0.1 ^b
T3	3.84 ± 0.06 ^b	3.93 ± 0.05 ^b	4.16 ± 0.16 ^a	4.2 ± 0.1 ^b
T4	4.03 ± 0.10 ^b	4.12 ± 0.25 ^b	4.17 ± 0.12 ^a	4.4 ± 0.17 ^b
T5	4.57 ± 0.35 ^c	4.37 ± 0.30 ^b	4.09 ± 0.09 ^a	4.63 ± 0.29 ^b

Letras iguales en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas P (> 0.05), según test LSD.

T1 = Control azúcar a 10 Brix

T2= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 10 Brix

T3= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 15 Brix

T4= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 10 Brix

T5= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 15 Brix

En la tabla 5 Se muestra la evaluación de pH en cinco tratamientos durante un periodo de seis días (días 1, 3, 5 y 6), observándose variaciones atribuibles tanto al tipo de edulcorante utilizado como a su concentración inicial. El tratamiento control (T1), que no contiene mucílago ni cáscara, presentó los valores de pH más bajos a lo largo del experimento, lo que indica un medio más ácido. En contraste, los tratamientos que incorporan cáscara y mucílago exhibieron valores de pH más elevados, destacando T5 (formulado con panela a 15° Brix), que alcanzó el pH más alto (4.63) al sexto día.

Aunque todos los tratamientos tienden a estabilizar su pH hacia valores cercanos a 4 en los días finales, se evidencia que la panela, particularmente en concentraciones más altas, contribuye a mantener un ambiente menos ácido, probablemente debido a su contenido en minerales y compuestos de naturaleza alcalina. En los días 5 y 6 no se registraron diferencias significativas entre tratamientos, lo que sugiere una tendencia hacia la estabilización del sistema. En conjunto, estos resultados indican que el pH está influenciado de manera significativa por la combinación de ingredientes, siendo la panela en mayor concentración la que ofrece una mayor capacidad para atenuar la acidificación durante el almacenamiento.

Según (Pérez L., 2016) el pH del mucílago disminuye debido a la producción de ácidos orgánicos por la actividad microbiana, de igual manera menciona que la incorporación de ingredientes como la panela puede influir en esta acidificación. La panela, al contener minerales y compuestos de naturaleza alcalina, puede atenuar la disminución del pH, manteniendo un ambiente menos ácido durante el proceso. Además, su contenido de azúcares puede afectar la actividad microbiana, lo que también influye en la variación del pH.

Tabla 6. Medición de temperatura

Tratamientos	Temperatura		
	DIA 3	DIA 5	DIA 6
T1	25.45 ± 0.26 ^a	28.37 ± 0.31 ^a	19 ± 1.15 ^c
T2	25.13 ± 0.29 ^a	28.6 ± 0.86 ^a	8.67 ± 0.58 ^a
T3	24.93 ± 0.51 ^a	28.5 ± 0.2 ^a	12 ± 0 ^b
T4	25.37 ± 0.12 ^a	28.57 ± 0.12 ^a	9 ± 0 ^a
T5	24.9 ± 0.36 ^a	28.43 ± 0.51 ^a	12 ± 0 ^b

Letras iguales en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas P (> 0.05), según test LSD.

T1 = Control azúcar a 10 Brix

T2= Concentración de cascara y mucílago con azúcar de mesa a 10 Brix

T3= Concentración de cascara y mucílago con azúcar de mesa a 15 Brix

T4= Concentración de cascara y mucílago con panela de azúcar a 10 Brix

T5= Concentración de cascara y mucílago con panela de azúcar a 15 Brix

En la tabla 6 Se presenta el análisis de las variaciones de temperatura en cinco tratamientos durante los días 3, 5 y 6 de almacenamiento. En los días 3 y 5, todos los tratamientos

mostraron temperaturas similares, sin diferencias estadísticamente significativas, con valores entre 25 y 28 °C, lo que indica condiciones ambientales relativamente constantes durante esta fase inicial. Sin embargo, para el día 6 se evidencian diferencias térmicas claras y significativas entre tratamientos. El tratamiento control (T1) registró la temperatura más elevada (19 °C), seguido por T3 y T5 (ambos con 15° Brix), que mantuvieron temperaturas intermedias de aproximadamente 12 °C. Por su parte, T2 y T4 (formulados con 10° Brix) presentaron las temperaturas más bajas, en torno a 9 °C.

Este descenso más acentuado en los tratamientos con menor concentración de azúcares y presencia de cáscara y mucílago podría estar asociado a una mayor actividad fermentativa, que conlleva una absorción de energía, o bien a una menor capacidad de retención térmica, influida por la naturaleza del edulcorante. Los tratamientos con mayor concentración de azúcares parecen modular mejor el descenso térmico, posiblemente debido a un mayor contenido energético disponible o a una menor tasa de reacción metabólica. En conjunto, aunque las temperaturas iniciales fueron homogéneas, el comportamiento térmico final evidencia diferencias significativas, probablemente vinculadas a las interacciones entre la matriz bioquímica del tratamiento y la concentración y tipo de azúcar empleada (Cabrera, 2016).

Tabla 7. Medición de % de alcohol

Tratamientos	% Alcohol		
	Día 3	Día 5	Día 6
1	19 ± 1.15 ^c	19 ± 0 ^a	16 ± 0 ^d
2	8.67 ± 0.58 ^a	9 ± 0 ^a	9 ± 0 ^a
3	12 ± 0 ^b	12 ± 0 ^a	13 ± 0 ^b
4	9 ± 0 ^a	9 ± 0 ^a	9.33 ± 0.58 ^a
5	12 ± 0 ^b	12 ± 0 ^a	14 ± 0 ^c

Letras iguales en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas P (> 0.05), según test LSD

T1 = Control azúcar a 10 Brix

T2= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 10 Brix

T3= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 15 Brix

T4= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 10 Brix

T5= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 15 Brix

En la tabla 7 se muestra el análisis de producción de alcohol durante el periodo de fermentación mostró que el tratamiento T1 (control con sacarosa a 10° Brix) alcanzó los mayores rendimientos, particularmente en los días 3 y 5, aunque se observó una ligera disminución hacia el día 6. Este comportamiento sugiere que concentraciones moderadas de azúcar favorecen la actividad fermentativa, mientras que niveles más elevados podrían generar efectos inhibitorios sobre los microorganismos responsables del proceso.

Los tratamientos que incluyeron cáscara y mucílago (T2, T3, T4 y T5) registraron una producción alcohólica inferior, aunque se evidenció que el uso de panela (en T4 y T5) conlleva una ligera mejora en comparación con los tratamientos elaborados con azúcar refinada (T2 y T3). El tratamiento T1 presentó la mayor eficiencia fermentativa, aunque la incorporación de panela, especialmente en concentraciones altas, podría representar una alternativa favorable para optimizar la fermentación alcohólica en matrices complejas.

En el estudio realizado por (Chniti *et al.*, 2017) mencionan que la composición del sustrato influye en la fermentación. La panela, al no ser un azúcar blanco, contiene micronutrientes y compuestos bioactivos que pueden estimular la actividad microbiana, mejorando ligeramente la producción de etanol en comparación con el uso de azúcar blanca.

5.2 Análisis sensorial

Tabla 8. Análisis sensorial

	Color	Sabor	Olor
T1	3.16 ± 1.26 a	2.71 ± 1.33 ab	3.13 ± 1.04 a
T2	3.55 ± 1.02 b	2.6 ± 1.27 a	3.21 ± 1.13 a
T3	3.55 ± 0.99 b	2.52 ± 1.29 a	3.8 ± 1.16 a
T4	3.68 ± 0.84 b	2.57 ± 1.18 a	3.21 ± 1.00 a
T5	3.53 ± 1.02 b	3.04 ± 1.14 b	3.57 ± 0.96 b
T6	3.60 ± 0.97 b	2.65 ± 1.24 ab	3.31 ± 1.13 ab

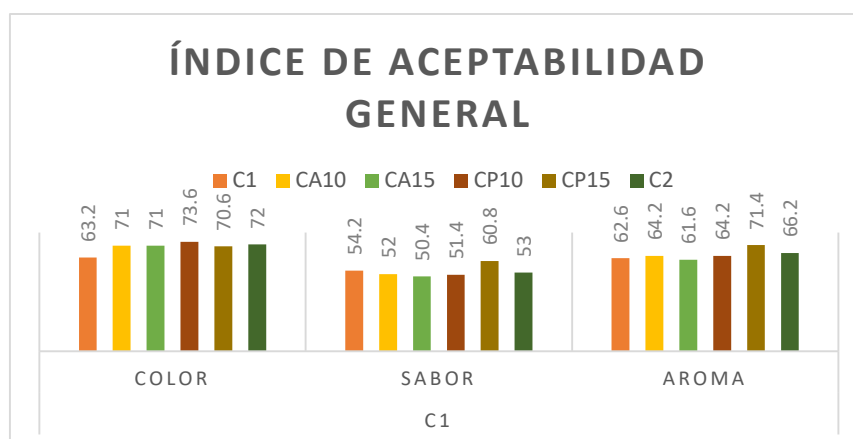
Letras iguales en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas P (> 0.05), según test LSD.

T1 = Control azúcar a 10 Brix

T2= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 10 Brix
T3= Concentración de cascara y mucilago con azúcar de mesa a 15 Brix
T4= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 10 Brix
T5= Concentración de cascara y mucilago con panela de azúcar a 15 Brix
T6=Control de panela a 15 Brix

El análisis sensorial de seis tratamientos (T1–T6) evaluó las variables de color, sabor y olor mediante una escala hedónica, revelando diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en algunas características. En cuanto al color, T1 (control con azúcar a 10° Brix) obtuvo el puntaje más bajo, siendo significativamente diferente del resto, que presentaron puntuaciones similares y superiores, indicando una mejor aceptación visual en tratamientos con adición de cáscara, mucílago o panela. Respecto al sabor, solo T5 (cáscara y mucílago con panela a 15° Brix) mostró una diferencia significativa con mayor aceptación, lo que sugiere que la combinación de panela y mayor concentración mejora notablemente esta característica. En olor, aunque T3 y T5 destacaron con valores ligeramente mayores, no se observaron diferencias estadísticamente significativas amplias entre la mayoría de los tratamientos. En conjunto, T5 fue el tratamiento más favorable sensorialmente, especialmente en sabor y olor, lo que sugiere que la panela a 15° Brix con cáscara y mucílago optimiza la percepción del producto.

Figura 4. Grafica de aceptabilidad general



La gráfica del Índice de Aceptabilidad General muestra la valoración sensorial de seis tratamientos en función de tres atributos: color, sabor y aroma. En términos generales, el

atributo color fue el mejor valorado por los panelistas, con índices de aceptabilidad superiores al 70% en todos los tratamientos, lo que indica una percepción visual positiva sin diferencias notables entre formulaciones. El aroma también obtuvo alta aceptación, especialmente en el tratamiento CA15 (cáscara y mucílago con azúcar a 15° Brix), lo cual sugiere que una mayor concentración de azúcares puede intensificar o mejorar la percepción aromática. Por otro lado, el sabor fue el atributo con menor nivel de aceptación, con valores cercanos al 60%, siendo el tratamiento CA10 el que mostró una ligera ventaja. Esta menor preferencia podría estar relacionada con compuestos derivados de la fermentación o la interacción entre ingredientes. En conjunto, los resultados reflejan que la aceptabilidad sensorial se ve favorecida por formulaciones con mayor concentración de azúcar, particularmente en atributos como el color y aroma, mientras que el sabor representa un desafío en la optimización del producto final.

VI. CONCLUSIONES

Se comprobó que la cáscara y mucílago de café contienen compuestos fermentables que permiten el desarrollo de la fermentación, evidenciado por la actividad metabólica de la levadura y el cambio en los parámetros físico-químicos. Esto demuestra que ambos subproductos pueden ser utilizados eficazmente como sustratos en procesos fermentativos.

La evaluación sensorial reveló una buena aceptabilidad general de la bebida fermentada, destacando atributos en el T5 como el sabor afrutado, el color atractivo y el aroma agradable. Estos resultados sugieren que la formulación y el proceso de fermentación lograron generar un producto final con características organolépticas favorables para el consumidor.

El monitoreo del proceso de fermentación evidenció una actividad fermentativa efectiva de la levadura inoculada, con una evolución favorable de parámetros como el pH, grados Brix y producción de compuestos aromáticos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar cáscara y mucílago de café frescos y limpios, ya que esto ayuda a garantizar que la bebida fermentada sea segura y de buena calidad. También se sugiere aprovechar otros subproductos del café, como el pergamino y el agua miel, en procesos similares, lo cual puede hacer que la producción de café sea más rentable y sostenible. Además, se considera importante investigar qué uso se le puede dar al residuo sólido que queda después de la fermentación, ya que podría servir como abono o fuente de fibra, ayudando así a reducir el desperdicio.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluación sensorial

Análisis sensorial escala hedónica

Nombre:

Fecha:

Instrucciones: Frente a usted se le presentan distintas muestras de una bebida fermentada base de pulpa y mucilago. Por favor, observe y prueba cada una de ellas y marque con una (x) en el cuadro el porcentaje que mejor le parezca.

Muestra: ____

Color

1	No me gusta	
2	No me gusta moderadamente	
3	No me gusta, ni disgusta	
4	Me gusta	
5	Me gusta excesivamente	

Sabor

1	No me gusta	
2	No me gusta moderadamente	
3	No me gusta, ni disgusta	
4	Me gusta	
5	Me gusta excesivamente	

Olor

1	No me gusta	
2	No me gusta moderadamente	
3	No me gusta, ni disgusta	
4	Me gusta	
5	Me gusta excesivamente	

Aceptabilidad general

1	No me gusta	
2	No me gusta moderadamente	
3	No me gusta, ni disgusta	
4	Me gusta	
5	Me gusta excesivamente	



Anexo 2. Recolección de materia prima



Anexo 3. Materia prima



Anexo 4 Despulpado



Anexo 5. Cáscara y mucilago



Anexo 6. Pesado de los azúcares



Anexo 7. Preparación fermentación



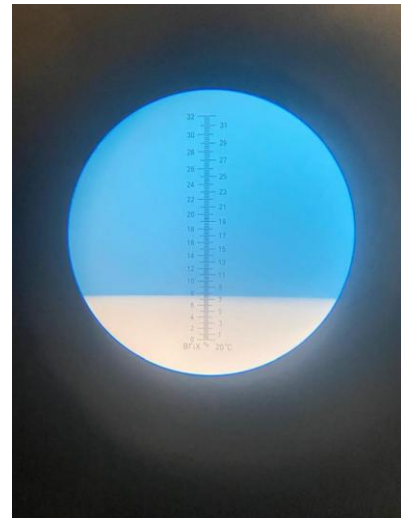
Anexo 8. Activación de levadura



Anexo 9. Bebida fermentando



Anexo 10. Datos por día



Anexo 11. Datos por día



Anexo 12. esterilización de botellas



Anexo 13. Filtración/embotellamiento



Anexo 14. Bebida fermentada lista



Anexo 15. Análisis sensorial



Anexo 16. Análisis sensorial

IX. BIBLIOGRAFIA

- Arya, S. S., Venkatram, R., More, P. R., & Vijayan, P. (2022). The wastes of coffee bean processing for utilization in food: a review. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 59, Issue 2, pp. 429–444). Springer. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05032-5>
- Blinová, L., & Sirotiak, M. (2019). Utilization of Spent Coffee Grounds for Removal of Hazardous Substances from Water: A Review. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, 27(44), 145–152. <https://doi.org/10.2478/rput-2019-0015>
- Campos, R. C., Pinto, V. R. A., Melo, L. F., Rocha, S. J. S. S. da, & Coimbra, J. S. (2021). New sustainable perspectives for “Coffee Wastewater” and other by-products: A critical review. *Future Foods*, 4, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100058>
- Cabrera, C. &. (2016). Influencia de la concentración y temperatura de fermentación de azúcares reductores obtenidos a partir de hidrolizado de bagazo de caña de azúcar, en la obtención de un biopolímero empleando *Bacillus subtilis*. *Agroindustrial Science*, 17–28.
- Chniti, S., Jemni, M., Bentaha, I., Shariati, M. A., Kadmi, Y., Djelal, H., Amrane, A., Hassouna, M., & Elmsellem, H. (2017). Kinetic of sugar consumption and ethanol production on very high gravity fermentation from syrup of dates by-products (*Phoenix dactylifera* L.) by using *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida pelliculosa* and *Zygosaccharomyces rouxii*. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7(2), 199–203. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017.7.2.199-203>
- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. *Journal of Food Quality*, 2019, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>

- Keşa, A.-L., Pop, C. R., Mudura, E., Salanță, L. C., Pasqualone, A., Dărab, C., Burja-Udrea, C., Zhao, H., & Coldea, T. E. (2021). Strategies to Improve the Potential Functionality of Fruit-Based Fermented Beverages. *Plants*, 10(11), 2263. <https://doi.org/10.3390/plants10112263>
- Kwak, H. K. (2023). Value-Added Products from Coffee Waste: A Review. *Foods*.
- Lee, Y.-G., Cho, E.-J., Maskey, S., Nguyen, D.-T., & Bae, H.-J. (2023). Value-Added Products from Coffee Waste: A Review. *Molecules*, 28(8), 3562. <https://doi.org/10.3390/molecules28083562>
- Olivares, S. S. (2020). Bebida alcohólica por fermentación de cáscara y mucílago del café (*Coffea arabica* L.) a diferente pH y concentración de levadura. *Revista Científica UNTRM*, 9–16.
- Pérez L., J. A. (2016). *Factores, procesos y controles en la fermentación del café*. Academia.edu.https://www.academia.edu/55254379/Factores_procesos_y_controles_en_la_fermentaci%C3%B3n_del_caf%C3%A9
- Peñuela Martínez, A. E., Tibaduiza Vianchá, C. A., Morcillo Sepúlveda, C. A., & Restrepo Rivera, M. V. (2021). Degradación enzimática de mucílago de *Coffea arabica* L., para la producción de café suave lavado. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 170–183. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1848>
- Pinto, T., Vilela, A., & Cosme, F. (2022). Chemical and Sensory Characteristics of Fruit Juice and Fruit Fermented Beverages and Their Consumer Acceptance. *Beverages*, 8(2), 33. <https://doi.org/10.3390/beverages8020033>
- Quintero. G.I. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana*
- Ribeiro, L. S., Miguel, M. G. da C. P., Evangelista, S. R., Martins, P. M. M., van Mullem, J., Belizario, M. H., & Schwan, R. F. (2017). Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. *Food Research International*, 92, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.011>
- Ramírez, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 83-102.

- Ruta, L. L., & Farcasanu, I. C. (2021). Coffee and Yeasts: From Flavor to Biotechnology. *Fermentation*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010009>
- Sobrinho, V. &. (2011). Fermentation of sugar cane juice (*Sacharum officinarum*) cultivar RB 7515 by wild yeasts resistant to UVC. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 13-21
- Vilela, A., Bacelar, E., Pinto, T., Anjos, R., Correia, E., Gonçalves, B., & Cosme, F. (2019). Beverage and food fragrance biotechnology, novel applications, sensory and sensor techniques: An overview. *Foods*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/foods8120643>