



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA: AGROINDUSTRIAS

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL USO DE ENZIMAS PECTINOLÍTICAS
PRESENTES EN LOS RESIDUOS DE CÍTRICOS EN EL PROCESO DE
FERMENTACIÓN DEL CAFÉ”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Agroindustrias

Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico.

Autor: Silvia Betzabé Troya Flores

Director: Ing. Jimmy Núñez Pérez MSc.

Ibarra – 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA IDENTIDAD:	DE	1004223481	
APELLIDOS NOMBRES:	Y	Troya Flores Silvia Betzabé	
DIRECCIÓN:		Otavalo	
EMAIL:		sbtoyaf@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		*****	TELÉFONO MÓVIL: 0982555268

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación del uso de enzimas pectinolíticas presentes en residuos de cítricos en el proceso de fermentación del café.
AUTOR (ES):	Troya Flores Silvia Betzabé
FECHA: DD/MM/AAAA	22/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jimmy Núñez Pérez

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los treinta días del mes de noviembre de 2023

LA AUTORA:

(Firma).....
Silvia Betzabé Troya Flores

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 22 de noviembre de 2023

Ing. Jimmy Núñez, MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

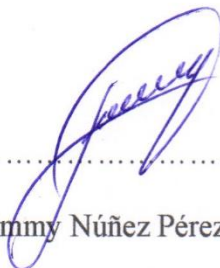


.....
Ing. Jimmy Núñez Pérez, MSc.

C.C.: 1756606339

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del Trabajo de Integración Curricular “EVALUACIÓN DEL USO DE ENZIMAS PECTINOLÍTICAS PRESENTES EN RESIDUOS DE CÍTRICOS EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ” elaborado por Troya Flores Silvia Betzabé, previo a la obtención del título del Ingeniero Agroindustrial, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



.....
Ing. Jimmy Núñez Pérez, MSc.

C.C.: 1756606339



.....
PhD. José M. País Chanfrau

C.C.: 0959747320

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres Gerardo Troya y Silvia Flores quienes siempre han sido mi mayor apoyo y motivación, gracias por su amor incondicional, por creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. A mis hermanos por su paciencia, comprensión y apoyo constante a lo largo de esta etapa y mis tíos Edwin y Fabi por estar a mi lado desde el inicio de este camino, por animarme en los momentos difíciles y por celebrar mis logros.

A mi familia, amigos y compañeros y a todas las personas que me ayudaron a terminar este importante proyecto, gracias por su tiempo, su disposición y su contribución a este trabajo.

Filipenses 4:13

“Todo lo puedo en Cristo que me fortalece”

Betzabé Troya

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi director de tesis Ing. Jimmy Núñez Pérez, MSc y asesor PhD. José M. País Chanfrau por su orientación, paciencia y dedicación a lo largo de todo el proceso. Gracias a su experiencia y conocimientos, pude desarrollar un trabajo de calidad y alcanzar los objetivos propuestos con éxito. También quiero agradecer a todos los profesionales que me brindaron su apoyo y asesoramiento durante la elaboración de esta investigación, sus comentarios y sugerencias fueron fundamentales para mejorar mi trabajo,

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte por abrirme las puertas y darme la oportunidad de crecer personalmente y profesionalmente, así como a mis compañeros de clase y amigos, quienes me brindaron su apoyo moral y me alentaron con cada palabra y acto, en momentos que se me dificultaba seguir.

No puedo dejar de mencionar a mi familia, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su amor, comprensión y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí y por ser mi mayor fuente de inspiración para lograr cada una de mis metas.

Simplemente estoy inmensamente agradecida con cada una de las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis, su apoyo fue fundamental para alcanzar este logro académico.

Betzabé Troya

RESUMEN EJECUTIVO

El proceso de fermentación del café es determinante en la calidad del producto final. La búsqueda de la mejora de este proceso es interés de muchos trabajos de investigación. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el uso de enzimas pectinolíticas presentes en los residuos de cítricos en el proceso de fermentación del café. La investigación se enfocó en instalaciones artesanales, donde la falta de control en parámetros como temperatura y pH resulta en tiempos de fermentación no gestionados y defectos en la calidad del café. Se implementó un Diseño Completamente al Azar, utilizando granos de café y cáscara de naranja como factores. Se realizaron cuatro tratamientos con diferentes proporciones de cascara de naranja, y se evaluaron variables como pH, azúcares reductores, temperatura y análisis organolépticos del producto final. El tratamiento con un 2% de harina de cáscara de naranja se logró reducir el tiempo de fermentación en 4 horas, los valores de k_s fueron cercanos a $0.0279 h^{-1}$, la correlación entre el pH y azúcares reductores fue de $R^2 = 0,9773$, según el análisis organoléptico alcanzó una puntuación promedio de 83.00 puntos, clasificándose como “muy bueno” y de “especialidad”. Este tratamiento se destacó por sus atributos sensoriales, con notas frutales, florales y un perfil distinto de sabor y fragancia. Se puede concluir la viabilidad de la harina de cáscara de naranja como suplemento fermentativo, logrando reducir el tiempo de fermentación y mejorando los atributos organolépticos. Adicionalmente, este hallazgo impacta positivamente en la economía de los caficultores ecuatorianos, al disminuir la dependencia de importaciones y abrir oportunidades para productos de especialidad.

Palabras clave: enzimas pectinolíticas, fermentación, organolépticas, estandarización.

ABSTRACT

The coffee fermentation process is decisive in the quality of the final product. The search for the improvement of this process is the interest of many research works. The main objective of this work was to evaluate the use of pectinolytic enzymes present in citrus residues in the coffee fermentation process. The research focused on artisanal facilities, where the lack of control over parameters such as temperature and pH results in unmanaged fermentation times and defects in coffee quality. A Completely Random Design was implemented, using coffee beans and orange peel as factors. Four treatments were carried out with different proportions of orange peel, and variables such as pH, reducing sugars, temperature and organoleptic analyzes of the final product were evaluated. Treatment with 2% orange peel flour was able to reduce the fermentation time by 4 hours, the k_s values were close to 0.0279 h^{-1} , the correlation between pH and reducing sugars was $R^2 = 0.9773$, according to the organoleptic analysis it reached an average score of 83.00 points, classifying it as “very good” and “specialty”. This treatment stood out for its sensory attributes, with fruity and floral notes and a distinct flavor and fragrance profile. The viability of orange peel flour as a fermentative supplement can be concluded, reducing the fermentation time and improving the organoleptic attributes. Additionally, this finding has a positive impact on the economy of Ecuadorian coffee growers, by reducing dependence on imports and opening opportunities for specialty products.

Keywords: pectinolytic enzymes, fermentation, organoleptic, standardization.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	15
PROBLEMA	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVOS.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos	17
HIPÓTESIS	17
Alternativa.....	17
Nula.....	17
CAPÍTULO I.....	18
MARCO TEÓRICO	18
1.1 El café (Coffea).....	18
1.1.1 Descripción.....	18
1.1.2 Variedades	19
1.1.3 Composición química del mucílago	20
1.2 Naranja.....	21
1.2.1 Cáscara de naranja	21
1.2.2 Composición físico-química de la cáscara de naranja.....	21
1.3 Fermentación.....	22
1.3.1 Factores de la fermentación.....	24
1.3.2 Sistema de fermentación.....	25
1.3.2.1 Sustrato	25
1.4 Métodos para la remoción del mucílago.....	25
1.4.1 Fermentación Sólida.....	25
1.4.2 Fermentación natural	26
1.5 Microbiología de la fermentación del café	27

1.5.1	Temperatura.....	27
1.5.2	Azúcares	27
1.5.3	Sustancias pécticas	28
1.5.4	pH.....	29
1.5.5	El tiempo en el proceso de fermentación.....	30
1.6	Evaluación del estado de maduración del café a través de la medición de color .	30
1.7	Enzimas.....	31
1.7.1	Enzimas pectinolíticas	32
1.7.2	Pectinasa.....	32
1.7.3	Usos y Aplicaciones	32
CAPÍTULO II.....		34
MATERIALES Y MÉTODOS.....		34
2.1	Caracterización del área de estudio.....	34
2.2	Materiales y equipos	34
2.2.1	Materia prima e insumos	34
2.2.2	Materiales y equipos de laboratorio.....	35
2.2.3	Software.....	35
2.3	Metodología.....	35
2.3.1	Estandarización de los residuos de cítricos	36
2.3.1.1	Diagrama de proceso de acondicionamiento de cáscara de naranja	37
2.3.1.2	Descripción del proceso.....	37
2.3.2	Determinación de las proporciones de la mezcla de cáscara de naranja y granos de café en el proceso de fermentación.	39
2.3.2.1	Factores en estudio y tratamientos.....	40
2.3.2.2	Tratamientos en estudio	40
2.3.2.3	Características de experimento	41
2.3.2.4	Proceso de fermentación.....	41

2.3.2.5	Unidad experimental.....	41
2.3.2.6	Descripción de las variables a evaluar	41
2.3.3	Análisis organolépticos del producto terminado	42
2.4	Manejo específico del experimento	43
2.4.1	Diagrama de proceso para el proceso de fermentación de café.....	43
2.4.2	Descripción de operaciones del proceso de fermentación del café	44
CAPITULO III		46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
3.1	Estandarización de los residuos de cítricos.....	46
3.1.1	Análisis fisicoquímicos.....	46
3.2	Determinación de las proporciones de la mezcla de cáscara de naranja y granos de café en el proceso de fermentación.....	48
3.3	Realizar análisis organoléptico del producto terminado.....	52
CAPITULO IV		56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		56
4.1	Conclusiones.....	56
4.2	Recomendaciones	57
BIBLIOGRAFÍA		58
ANEXOS		63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición química, en base seca y húmeda del mucílago de café</i>	20
Tabla 2 <i>Composición de la cáscara de naranja</i>	22
Tabla 3 <i>Procesos bioquímicos que ocurren en la fermentación del café</i>	23
Tabla 4 <i>Solución DNS</i>	29
Tabla 5 <i>Localización de los laboratorios de la UTN</i>	34
Tabla 6 <i>Variables cuantitativas para análisis fisicoquímico</i>	36
Tabla 7 <i>Factores en estudio</i>	40
Tabla 8 <i>Combinación de factores en estudio</i>	40
Tabla 9 <i>Características del experimento</i>	41
Tabla 10 <i>Métodos utilizados para las variables de investigación</i>	42
Tabla 11 <i>Tabla de clasificación final del proceso de catación de café</i>	42
Tabla 12 <i>Análisis fisicoquímicos de la harina de cáscara de naranja</i>	47
Tabla 13 <i>Comparación del coeficiente del ks con cada muestra trabajada</i>	52
Tabla 14 <i>Tabla de clasificación final del proceso de catación de café según protocolo SCAA</i>	52
Tabla 15 <i>Resultados promedio de la puntuación final de la evaluación sensorial del café</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Cereza del café madura y verde</i>	18
Figura 2 <i>Estructura interna de la cereza del café</i>	19
Figura 3 <i>Factores que influyen en el proceso de fermentación del café</i>	24
Figura 4 <i>Estado de maduración de desarrollo del café</i>	31
Figura 5 <i>Diagrama de proceso para la cáscara de naranja</i>	37
Figura 6 <i>Diagrama del proceso</i>	43
Figura 7 <i>Cinética del comportamiento del pH (a) y azúcares reductores (b) del café maduro durante la fermentación</i>	49
Figura 8 <i>Correlación entre pH y azúcares reductores en el proceso de fermentación de café</i>	51
Figura 9 <i>Telaraña comparación de resultados</i>	54

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Datos obtenidos para la curva de calibración absorbancia vs concentración glucosa (g/L)</i>	63
Anexo 2 <i>Curva de calibración absorbancia vs concentración glucosa (g/L)</i>	63
Anexo 3 <i>Preparación de la cáscara de naranja</i>	64
Anexo 4 <i>Estandarización de la cáscara de naranja</i>	65
Anexo 5 <i>Proceso de fermentación del café con la harina de cáscara de naranja</i>	66
Anexo 6 <i>Lavado y secado del café</i>	66
Anexo 7 <i>Resultados obtenidos de las de las evaluaciones sensoriales realizadas a los diferentes tratamientos</i>	67

INTRODUCCIÓN

PROBLEMA

En la industria del café una de las etapas que define la calidad es el proceso de fermentación, el cual tiene como finalidad la remoción del mucílago de la almendra (Córdova & Guerrero, 2016). Se ha demostrado que el uso de enzimas pectinolíticas en este proceso mejora y acelera la fermentación (Martínez, 2011). En Ecuador estas enzimas no se producen por lo que hay que importarlas, lo que afecta directamente la viabilidad económica del producto.

El proceso fermentativo requiere del control de algunos parámetros como la temperatura, pH y azúcares reductores, mismos que en instalaciones artesanales no son controlados por los productores, de esta manera se sobrepasa el tiempo de fermentación generando defectos en la calidad como granos manchados con sabores agrios y fermento en la bebida, afectando directamente a la economía de los caficultores y el desaprovechamiento de mercados.

En la industria agrícola sólo alrededor del 50% en peso de la naranja es aprovechada, mientras que el otro 50% constituye el residuo, implicando una generación de desechos de aproximadamente 71 mil toneladas anuales, ocasionando grandes problemas ambientales (Muñoz-Briones et al., 2021). Una de las alternativas para el uso de este residuo es la extracción de enzimas pécticas, que se utilizan en la degradación del mucílago del café. El proceso de obtención de este tipo de compuestos requiere de una infraestructura no convencional y conocimientos específicos en el área química, lo que ocasiona obstáculos a los pequeños y medianos caficultores que no pueden mejorar sus procesos de fermentación para aumentar la productividad y elevar la calidad del café.

JUSTIFICACIÓN

La calidad del café depende en gran medida de los procesos de fermentación a los que se somete, por lo que al realizar estudios en las condiciones del bioproceso que garanticen mejoras de productividad y competitividad resulta atractivo para los productores. Una de las ventajas en esta etapa puede ser la adición de residuos cítricos que favorezcan la separación de mucílago.

Para garantizar la viabilidad económica de este proceso se propone el uso de residuos de la industria agrícola ya que muchos de estos contienen cantidades importantes de enzimas pécticas que ayudan y reducen el proceso de fermentación. Manteniendo el proceso a una temperatura ambiente que garantice la asimilación real a lo que realizan los caficultores durante el bioproceso.

El presente trabajo de investigación busca evaluar el uso de residuos del cítrico, específicamente a partir de la cáscara de naranja, evaluando mezclas adecuadas en el proceso de fermentación de café. Esto permite acelerar el proceso de remoción del mucílago y reducción del tiempo de fermentación y a la vez mejorar las características organolépticas del grano de café (color, olor y sabor).

También se busca la sustitución de importaciones de enzimas comerciales, mitigar los excesos de desechos de los cítricos para proteger el medio ambiente y reducir las pérdidas en la industria del café mejorando la industria productiva y comercial de café, contribuyendo así al desarrollo de la zona y la transformación de la matriz productiva.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el uso de enzimas pectinolíticas presentes en los residuos de cítricos en el proceso de fermentación del café.

Objetivos específicos

- Estandarizar los residuos de cítricos.
- Determinar las proporciones de mezcla de cáscara de naranja y granos de café en el proceso de fermentación.
- Realizar el análisis organoléptico del producto terminado.

HIPÓTESIS

Alternativa

Ha: El uso de mezcla de los residuos de naranja y semillas de café reducen el tiempo de fermentación de café.

Nula

Ho: El uso de mezcla de los residuos de naranja y semillas de café no reducen el tiempo de fermentación de café.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 El café (*Coffea*)

1.1.1 Descripción

El cafeto, perteneciente a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*, es un árbol que produce un fruto de color rojizo conocido como cereza, dentro del cual se encuentran dos semillas de café (Amaya, 2020). En la actualidad, se cultivan diversas especies de cafeto, pero en Ecuador predominan dos tipos de café, el Arábico y Robusta.

Una considerable cantidad de los granos de café de alta calidad en la región se cosechan a altitudes que varían entre los 1300 y 1800 m.s.n.m. Este cultivo se extiende por más de 80 países, y la calidad del producto está directamente relacionada con las condiciones de su cultivo. Además, más de 50 países participan en su exportación, siendo la mayoría de ellos pequeños productores. En otras palabras, la subsistencia de millones de hogares depende de los recursos económicos generados por esta actividad primordial (Asencio, 2019).

Figura 1

Cereza del café madura y verde



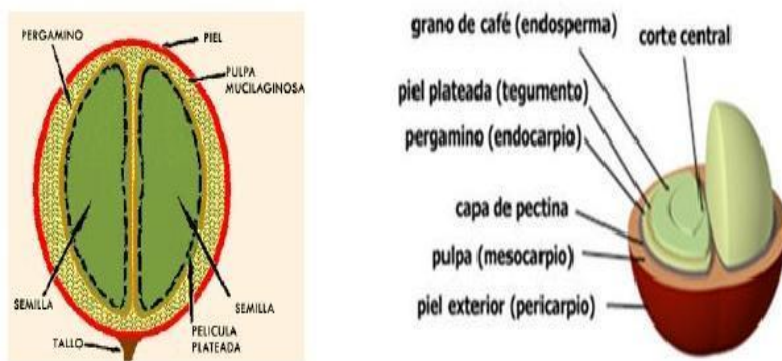
Tomado de: (Guevara, 2017)

El café se desarrolla durante 32 semanas después de que aparece la flor en la planta del café, cambia de verde claro a rojo oscuro o amarillo según la variedad (ver figura 1), color que ya se puede considerar maduro, para cosechar después. El cafeto está formado por racimos unidos a las ramas por tallos muy corto (Díaz, 2014).

Una cereza o baya de café consta de una piel llamada (exocarpio), que tiene un cambio de color que indica su evolución y recubre una pulpa mucilaginosa (mesocarpio) que generalmente contiene dos semillas unidas por la parte plana de la cereza, recubiertas por una capa amarilla llamada pergamino y por último él está cubierto por una fina película plateada (Vilca, 2014).

Figura 2

Estructura interna de la cereza del café



Tomado de: (Orozco, 2013)

1.1.2 Variedades

El fruto del cafeto, del que se extraen los granos y de las que existen una gran variedad, derivada de dos grupos principales los cuales son:

El café arábico, una de las variedades de café más antiguas y extendidas en el mundo, representando alrededor del 70% del café comercializado a nivel mundial.

Entre las variedades derivadas del café arábica se encuentran Typica y Bourbon, mientras que otras similares como Caturra, Mundo Novo, Tico, San Ramón y Jamaica Blue Mountain también han sido desarrolladas (Cañas, 2015).

1.1.3 Composición química del mucílago

El mucílago de café es un residuo líquido viscoso producido por la industria del café, donde sus propiedades físicas y químicas del mucílago varían según la variedad. En cuanto a su composición el mucilago está formado por agua (84,2%), proteínas (8.9%), azúcar reductor (4.1%), pectatos (0,91%) y ceniza (0.7%) como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1

Composición química, en base seca y húmeda del mucílago de café

Componentes de mucílago	Composición química (%)
Base húmeda	
Humedad	85.0
Carbohidratos totales	7.0
Nitrógeno	0.15
Ácido cítrico	0.08
Pectina (ácido galacturónico)	2.6
Base seca	33
Sustancias pécticas	
Reduciendo azúcares	30
Azúcares no reductores	20
Celulosa y ceniza	17

Tomado de: (Haile & Won Hee, 2019)

La cantidad de mucílago en el fruto fresco verde contiene 1,3% de mucílago, el pintón 8,4%, el maduro entre 1% y 27%, el sobremaduro de 1% a 23%, y en el fruto seco no hay mucílago (G. I. Puerta, 2012).

1.2 Naranja

Su nombre científico es *Citrus sinensis* y pertenece a la familia de las rutáceas, se trata de un fruto que presenta dimensiones que van desde medianas hasta grandes. Presenta una forma esférica o ligeramente alargada, con un color intenso, aunque en ocasiones puede ser algo pálido. La corteza de la naranja es espesa pero fina, algunas veces exhibiendo una textura granulosa. Contiene un elevado contenido de zumo con una acidez relativamente elevada de aroma excelente y sabor ligeramente ácido lo que lo hace apto para la industrialización (Campelo, 2020).

1.2.1 Cáscara de naranja

Los extractos de la cáscara de las naranjas poseen un alto contenido de compuestos fenólicos, destacado poder antioxidante y considerable actividad antimicrobiana (Avilés & Tapia, 2016). Son usados como una nueva fuente (recurso renovable), para la obtención de energía mediante incineración, como ingrediente alimenticio animal, elaboración de productos de valor agregado como aceite esencial, terpenos, azúcares y pectina (Ramírez et al., 2020).

1.2.2 Composición físico-química de la cáscara de naranja

El porcentaje de carbohidratos en los residuos de la cáscara de naranja se sitúa en un 80.8%. Según los carbohidratos identificados son pectinas del 30-50%, azúcares (sacarosa, fructosa, glucosa), hemicelulosa, del 10-20% y celulosa del 20-40% (Avilés & Tapia, 2016).

Tabla 2*Composición de la cáscara de naranja*

	Materia Seca	90.00
Compuestos principales (%)	Fibra	13.00
	Proteína	6.00
	Carbohidratos	62.70
	Grasas	3.40
	Cenizas	6.90
Minerales (%)	Calcio	2.00
	Magnesio	0.16
	Fosforo	0.10
	Potasio	0.62
	Azufre	0.06
Vitaminas (mg/kg)	Colina	770.00
	Niacina	22.00
	Riboflavina	22.20
Aminoácidos (%)	Arginina	0.28
	Cistina	0.11
	Lisina	0.20
	Triptófano	0.06

Tomado de: (Avilés & Tapia, 2016)

1.3 Fermentación

Durante la fermentación del café, básicamente los tipos de levaduras y bacterias que forman el mucílago, las cuales, gracias a sus enzimas naturales, oxidan parcialmente los azúcares y producen energía (ATP), etanol, ácido láctico, ácido acético y dióxido de carbono. Además, se generan alcoholes como propanol y ácidos como el succínico, fórmico, juntamente con compuestos aromáticos como aldehídos, cetonas y ésteres, a partir del mucilago de café. La descomposiciones de los lípidos en el mucilago conlleva cambios en

el color, olor, densidad, acidez, pH, sólidos solubles, temperatura, composición química y composición microbiológica de este sustrato (G. I. Puerta, 2012).

Durante el proceso de beneficio del café, los granos de café se conservan en el mucílago fermentado hasta proceder a lavar, el cual contiene diversos productos de fermentación. Mediante el monitoreo y la implementación de procesos de fermentación, lavado y secado, se logra obtener bebidas de café de alta calidad, caracterizadas por su aroma y sabor distintivos. En cambio, al mezclar sustratos, se excede el tiempo de fermentación, se dejan sin controlar factores y se producen cambios no identificados en este proceso, lo que podría resultar defectos como semillas manchadas y vinagre, sabores agrios y fermentados en bebidas (Vilca, 2014).

Tabla 3

Procesos bioquímicos que ocurren en la fermentación del café

Procesos bioquímicos	Compuestos del sustrato	Productos generados
Fermentación alcohólica	Agua, azúcares,	Alcohol, CO ₂ , ATP energía
Fermentaciones láctica y heteroláctica	proteínas, lípidos, ácidos, sustancias	Ácido láctico, ácido acético, CO ₂ , ATP
Degradación de lípidos	pécticas, minerales, bacterias, levaduras,	Ácidos grasos, ésteres
Otras fermentaciones y degradaciones	enzimas	Ácido galacturónico, metilésteres
Acetificación		Volátiles, cetonas,
Hidrolisis enzimática		aldehídos, esterres, ácidos

Tomado de: (Puerta 2012)

1.3.1 Factores de la fermentación

Específicamente, la velocidad y los compuestos generados durante el proceso de fermentación del café están condicionados por la calidad del sustrato, la madurez y sanidad del fruto, lo que repercute en la composición química y microbiológica de los granos de café. Además, factores ambientales como la temperatura exterior, la higiene de las instalaciones, el entorno y los equipos, junto con el tiempo y el método de fermentación, también desempeñan un papel crucial (Puerta 2012).

El mesocarpio o mucílago del grano de café se separa del grano por la fermentación, un proceso en el que se dejan los granos despulpados en tanques durante 12 a 18 horas para permitir que los azúcares y otras sustancias se descompongan en ácidos, alcoholes, aldehídos y otros, por la acción de levaduras, bacterias y enzimas, naturalmente presentes en el mucílago, se controla la higiene, el tiempo, la degradación de los azúcares y formación de ácidos (Puerta & Echeverry, 2015).

Figura 3

Factores que influyen en el proceso de fermentación del café



Tomado de: (Puerta & Echeverry, 2015)

1.3.2 Sistema de fermentación

Se establecen diferentes sistemas de fermentación de café basados en dilución, aireación, agitación, aislamiento o adición de sustrato. En los sistemas de sustrato no se añadía agua al café despulpado, en los sistemas de fermentación sumergida se añadía agua (Puerta 2012).

1.3.2.1 Sustrato

La materia prima utilizada en el proceso de fermentación son los granos de café despulados, que contiene el mucílago. Este último es sometido al procedimiento de fermentación. Los granos de café en baba contienen cantidades variables de mucílago y su calidad depende de la frescura y los controles en el beneficio y despulpado; la presencia de pulpa y de residuos de insecticidas y otras sustancias en el café en baba, influyen en los productos de fermentación, y por consiguiente, en los sabores y aromas del café (G. I. Puerta, 2012).

1.4 Métodos para la remoción del mucílago

Para realizar este proceso existen algunos métodos, de los cuales se mencionan los más importantes a continuación:

1.4.1 Fermentación Sólida

La fermentación en estado sólido (FES) ha demostrado ser exitosa en la producción de enzimas y metabolitos secundarios. Estos productos se unen a la etapa estacionaria de crecimiento microbiano y se fabrican a escala industrial para su uso en la agricultura, producción de alimentos, alimentación animal, combustible y enzimas (Robinson et al., 2015).

La fermentación en estado sólido (FES) se caracteriza por la fermentación sobre un soporte sólido, tiene un bajo contenido de humedad (límite inferior $\approx 12\%$) y ocurre en un estado natural y no estéril. (Robinson et al., 2015). En la fermentación en estado sólido, el café despulpado se deposita en el fermentador, no se adiciona agua (Puerta & Echeverry, 2015).

Durante la fermentación de sustratos sólidos, el café molido contiene entre 5 y 9 millones de microorganismos por mililitro de mucílago, incluyendo 35% levaduras, 26% Lactobacillus, 2% Enterobacteriaceae y 19% Streptococcus y otros aerobios (Puerta, 2012).

1.4.2 Fermentación natural

Los granos de café despulados, también denominados café en baba, son depositados en tanques durante un lapso de 12 a 20 horas. Durante este procedimiento, intervienen enzimas, bacterias lácticas y levaduras presentes en el mucílago, las cuales convierten los compuestos pécticos y azúcares contenidos en él en ácidos y alcoholes. Estos productos resultantes son posteriormente eliminados durante el lavado. En la fermentación, se hace crítico el tiempo de proceso, ya que por sobre fermentación se produce café con aroma y sabor a vinagre, piña madura, cebolla, rancio o stinker, dependiendo del tiempo en que los granos de café permanezcan sin lavar (G. Puerta, 2012).

Según Peñuela, (2012), se observó que en el café que no fue clasificado antes del despulpado, se logró una remoción de mucílago superior al 97% en un tiempo promedio de 15 horas, mientras que el café clasificado alcanzó el mismo punto de remoción de mucílago a las 16.3 horas. Además, se determinó que el porcentaje de llenado del tanque no tiene un impacto significativo en el tiempo de fermentación. El café que ingresó al tanque mostró valores promedio de pH inicial de 5.00 y final de 3.30, lo que indica acidificación de la masa.

1.5 Microbiología de la fermentación del café

Los microorganismos presentes en el café en baba tienen su origen en diversas fuentes, como el suelo, el aire, el agua, vegetales, personas, animales, insectos, así como en los equipos y herramientas empleadas durante el procesamiento. En el café despulpado encontramos principalmente levaduras y bacterias del ácido láctico, además de otras, del proceso de fermentación del café depende de la población inicial en las vainas y granos despulados, condiciones ambientales como temperatura, gases como CO₂, actividad del agua, pH, potencial redox, sanitización, tiempo transcurrido, dilución del sistema y sustrato (G. Puerta, 2012).

1.5.1 Temperatura

Los microorganismos responsables de la fermentación del café son mesófilos. En su mayoría, las levaduras crecen en un rango de temperatura que va desde los 5 hasta los 39 °C, con su óptimo de desarrollo situado entre 28 y 35 °C. Algunas levaduras pueden sobrevivir y proliferar a temperaturas bajas, como 3 y 10 °C, todas perecen cuando la temperatura supera los 50 °C. Las bacterias del ácido láctico crecen entre 25 y 30°C, pero pueden reproducirse a 0°C, mientras que las bacterias entéricas crecen entre 22 y 37°C (G. Puerta, 2012). Según (Córdova & Guerrero, 2016), el valor promedio de temperatura va de 18 °C - 25°C durante el proceso de fermentación.

1.5.2 Azúcares

Representan un porcentaje que varía del 6.2% al 7.4% del peso húmedo del mucílago de café maduro, abarcando tanto azúcares reductores como no reductores. Donde los azúcares reductores conforman del 4.0% al 4.6% del peso del mucílago fresco siendo fermentados por levaduras y bacterias para producir etanol, el ácido láctico y otros compuestos. (G. Puerta, 2012).

- **Determinación de azúcares reductores (Prueba DNS)**

Se procederá con la toma de muestras de cada tratamiento para lo cual es necesario filtrar la muestra para posteriormente adicionarse 5ml de HCl y se calentará durante 10 minutos a baño maría (65°T). Se enfriará y neutralizará con NaOH al 10% peso/volumen. Después de esto, se pesarán 5 g de ácido 3,5 dinitrosalicílico, 150 g de tartrato de Na-K y 8 g de NaOH. El NaOH se disolverá en 200 ml de agua destilada, incorporándose lentamente con agitación el tartrato de Na-K. Se completará el volumen con agua destilada hasta alcanzar los 400 ml, y posteriormente se añadirá gradualmente el ácido 3,5 dinitrosalicílico. Se enrasará a 500 ml y finalmente se filtrará (Bello Gil et al., 2015).

Se colocarán 0.5 ml de muestra y 0.5 ml del reactivo de DNS en tubos de cristal de 10 ml. Estos tubos se introducirán en un baño maría a 100 °C durante 5 min. Luego, se enfriarán hasta alcanzar la temperatura ambiente, y se les añadirán 5 ml de agua destilada. Después de agitar la mezcla, se llevará a cabo la lectura a 540nm utilizando un espectrofotómetro. Posteriormente, se procederá a la representación de la curva (Bello Gil et al., 2015).

1.5.3 Sustancias pécticas

Las sustancias pécticas constituyen un porcentaje que oscila entre el 0.6% al 2.0% del peso del mucílago de café fresco. Estas sustancias pécticas, que incluyen protopectinas, ácidos pécticos, pectatos, ácidos y pectinas, experimentan degradación a través de la acción de enzimas como protopectinas, poligalactoronasa y pectinaliasas, las cuales son producidas por diversas bacterias, levaduras y hongos. Durante la degradación de las sustancias pécticas se produce ácido galacturónico, galactosa y otros compuestos.

- **Solución DNS**

En la siguiente tabla se describe los reactivos y cantidades necesarias para preparar la solución DNS.

Tabla 4

Solución DNS

Agua destilada	100 mL
Acido 3,5 dinitrosalicílico	0.74 g
Hidróxido de sodio	1.38 g
Tartrato de sodio y potasio	10.8 g
Fenol	0.574 g
Metabisulfito de sodio	0.58 g

Tomado de: (Cruz, 2021)

Pesar todos los reactivos, agitarlos y mezclarlos hasta que la solución sea uniforme. Luego envasar en un frasco ámbar y mantener en refrigeración (Cruz, 2021).

1.5.4 pH

El pH surge como una variable fundamental y se convierte en una herramienta predictiva para identificar el momento preciso en el cual debe finalizar el proceso de fermentación. Se conoce que el café en baba fresco presenta naturalmente un pH ácido, y las variaciones en este parámetro están influenciadas por la madurez, el intervalo de tiempo entre la recolección y el despulpado, la calidad del grano en baba, así como el sistema y la temperatura ambiental. Sin embargo, los valores de pH del mucílago fermentado entre 3,7 y 4,1 son adecuados y seguros para interrumpir la fermentación y proceder a lavar el café (G. Puerta, 2012).

Según (Córdova & Guerrero, 2016), menciona que los granos de café antes de la fermentación se consideran como ácidos, ya que se ubican en un rango de 5,2 a 6,7. El promedio final del pH en el cual se termina el proceso de fermentación es $4,4 \pm 0,5$ teniendo un comportamiento decreciente en el tiempo. El incremento de la acidez en la mezcla se produce debido a la formación de ácidos a partir de los azúcares y la descomposición de las pectinas presentes en el mucílago de café.

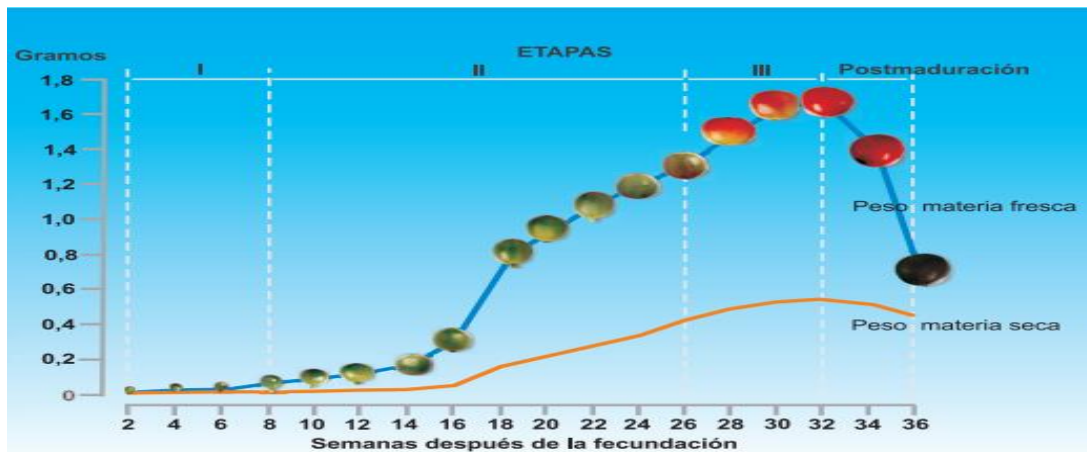
1.5.5 El tiempo en el proceso de fermentación

El tiempo de fermentación promedio es de $18,75 \pm 3,2$ horas (Córdova & Guerrero, 2016). Según Martínez (2010), el tiempo de fermentación oscila entre 15 y 24 horas, dependiendo de la temperatura del lugar, la altura de la masa del café en el tanque de fermentación, grado de madurez, entre otros.

1.6 Evaluación del estado de maduración del café a través de la medición de color

La epidermis o pulpa del café varía en sus tonalidades desde el color verde hasta el rojo, debido a la aparición de sustancias como la clorofila y las antocianinas indicando de esta manera el grado de fruta de madurez.

Después de la floración, el café lleva aproximadamente 32 semanas para llegar a su estado óptimo de madurez. Su desarrollo se clasifica en tres etapas, siendo la primera etapa la que abarca desde la floración hasta la semana 8, donde el fruto se encuentra en su fase verde. En la segunda etapa el crecimiento es más rápido y el fruto empieza a ganar peso, esta empieza entre la semana 9 y la 26 además su color permanece aún verde. La tercera etapa a partir de la semana 27 a la 32 la fruta cambia de color a rojo adquiriendo madurez fisiológica llegando al punto óptimo de madurez para ser cosechados. Finalmente se encuentra la sobre maduración que ocurre cuando el fruto no es cosechado a tiempo (Ramos et al., 2012).

Figura 4*Estado de maduración de desarrollo del café*

Tomado de: (Ramos et al., 2012)

1.7 Enzimas

Según (Melo & Cuamatzi, 2019) las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que controlan el mecanismo de la reacción y la velocidad a la que alcanza el equilibrio, que son catalizadores en los sistemas biológicos. Las enzimas exhiben una capacidad catalítica excepcional, significativamente superior a la de los catalizadores sintéticos o inorgánicos. Además, presentan un alto grado de especificidad hacia sus sustratos, acelerando reacciones químicas particulares sin generar subproductos. Estas enzimas operan eficientemente en soluciones acuosas diluidas y bajo condiciones suaves de temperatura y pH.

De acuerdo con (Melo & Cuamatzi, 2019) un catalizador es una sustancia que aumenta la rapidez o velocidad de una reacción química, la misma en el proceso global. La mayoría de los catalizadores biológicos, aunque no todos, son proteínas y reciben el nombre de enzimas.

1.7.1 Enzimas pectinolíticas

Las enzimas son proteínas producidas por células vivas que desempeñan un papel crucial como catalizadoras y reguladoras en las reacciones y procesos químicos. Su presencia es esencial para el metabolismo de todos los seres vivos, ya que facilitan y controlan las reacciones bioquímicas necesarios para el funcionamiento celular. Se caracterizan por ser específicas, es decir, existe una enzima para cada reacción, debido a que actúan sobre sustancias llamadas sustratos, en el caso de las enzimas pectinolíticas, estas se encargan de degradar las pectinas presentes en los sustratos (Martínez, 2011).

1.7.2 Pectinasa

Las enzimas pécticas son ampliamente distribuidos en la naturaleza y son producidos por bacterias, levaduras, hongos y plantas. Se clasifican en tres clases: pectina esterases, enzimas despolimerizantes (hidrolasas, liasas), y proto pectinasas. La producción de pectinasa ocupa aproximadamente el 10% de la fabricación total de preparaciones enzimáticas (Shet et al., 2018).

1.7.3 Usos y Aplicaciones

Las enzimas tienen una amplia gama de aplicaciones en distintos procesos industriales, abarcando la fabricación de productos farmacéuticos, textiles, papel, energía, detergentes y alimentos. Su capacidad para catalizar reacciones específicas de manera eficiente las convierte en herramientas valiosas en la producción y mejora de diversos productos y procesos industriales. Se han utilizado durante miles de años sin tal registro, ya que en el antiguo Egipto se producían alimentos como el pan y la cerveza (Martínez, 2011).

Dentro de las aplicaciones más importante tenemos:

- La clarificación, extracción y reducción de la viscosidad en jugos de frutas.

- Aumentar las características organolépticas del jugo.
- Proceso de tratamiento de fibras en la industria textil.
- Fabricación de papel.
- Tratamiento de aguas residuales con contenido de pectina (Avilés & Tapia, 2016).

Estas enzimas también se han utilizado en las industrias del café y el cacao, especialmente para la preparación de concentrados líquidos de café, degradando rápidamente el mucilago del café o cacao despulpado y a la vez permitiendo acortar los períodos del proceso de fermentación (Martínez, 2011).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área de estudio La fase experimental se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte. Los análisis organolépticos se realizaron en los laboratorios de la Asociación Agroartesanal de Caficultores (AACRI). En la tabla 5 se puede visualizar la ubicación del establecimiento, así como sus datos meteorológicos.

Tabla 5

Localización de los laboratorios de la UTN

Localización	Unidades Edu- Productivas	Laboratorio Fisicoquímico	AACRI
Provincia	Imbabura	Imbabura	Imbabura
Cantón	Ibarra	Ibarra	Cotacachi
Parroquia	El Sagrario	San Miguel	Apuela
Temperatura media anual	18 °C	18 °C	18 °C
Altitud	2222 m.s.n.m	2220 m.s.n.m	1600 m.s.n.m

Tomado de : Instituto Geográfico Militar (AACRI, 2020)

2.2 Materiales y equipos

Para cumplir con los objetivos planteados en este estudio, se hizo uso de los siguientes materiales que se clasificarán de la siguiente manera:

2.2.1 *Materia prima e insumos*

- Café castillo cerezo maduro
- Residuos de naranja
- Sacarosa

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH) a la 0.1 N
- Tartrato de Sodio-Potasio (Na-K)
- Ácido 3.5 dinitrosalicílico

2.2.2 *Materiales y equipos de laboratorio*

Materiales

Tubos de ensayo, balón aforado, soporte universal, papel filtro, frasco ámbar, tubos falcon, vasos de precipitación, tamiz 0.2 mm, cubetas para espectrofotometría de 1.5 ml, pipeta graduada, embudo de filtración, gradilla, bolsas de polietileno y bolsas Ziploc.

Equipos

Balanza analítica, potenciómetro, espectrofotómetro, secador de bandejas, molino de piedra, agitador mecánico, estufa, termómetro digital.

2.2.3 *Software*

Se utilizó un programa estadístico y de cálculo para analizar los datos recopilados en el experimento, tal como:

- Excel

2.3 Metodología

A continuación, se detalla la metodología para el cumplimiento de cada uno de los objetivos establecidos en la investigación.

2.3.1 Estandarización de los residuos de cítricos

Se llevó a cabo la estandarización de los residuos de la naranja para obtener un punto de partida de uno de los componentes del sustrato en el proceso de fermentación. Los análisis realizados fueron de pH, humedad, cenizas y la actividad enzimática de las pectinasas, siguiendo las normativas específicas detalladas en la tabla 6. Además, se implementó un proceso de secado en los residuos de naranja como parte de su conservación.

Tabla 6

Variables cuantitativas para análisis fisicoquímico

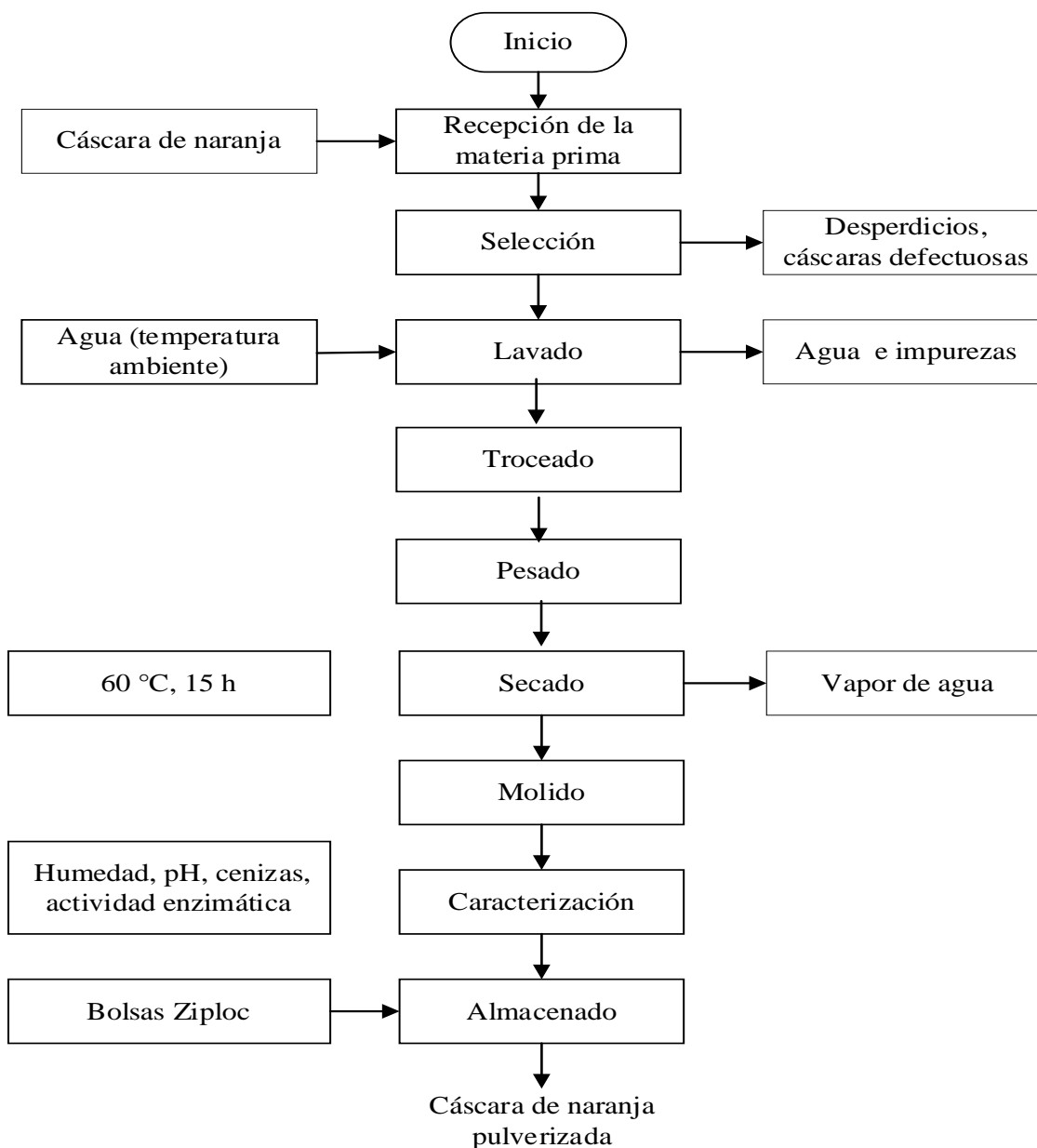
Análisis	Método	Unidades	Referencia
Secado	Deshidratación	%	(Torres-Valenzuela et al., 2019)
pH	Potenciómetro	Adimensional	(NTE INEN 0381)
Cenizas	Cenizas totales	%	(NTE INEN 0401)
Humedad	Termobalanza	%	(NTE INEN 1513)
Actividad enzimática	DNS	UI	(Cruz, 2013)

Se muestra el diagrama de proceso para el determinado acondicionamiento de los residuos de naranja.

2.3.1.1 Diagrama de proceso de acondicionamiento de cáscara de naranja

Figura 5

Diagrama de proceso para la cáscara de naranja



2.3.1.2 Descripción del proceso

Los proveedores potenciales de residuos de naranja fueron los expendedores de jugos de naranja ubicados en la ciudad de Otavalo. Estos proveedores utilizan únicamente el zumo del cítrico, dejando como residuo los restos de la fruta.

➤ **Recepción y selección de las cáscaras de naranja**

Los residuos de naranja fueron recibidos en el Laboratorio de Unidades Edu- Productivas de la Universidad Técnica del Norte en fundas de polietileno. Se adquirió 30 kg de residuos de cáscaras de naranja en estado de madurez comercial. Se procedió a seleccionar las cáscaras consideradas como no aptas para el proceso, mediante observación visual aquellas que presentaron daños físicos y/o microbiológicos.

➤ **Lavado y troceado**

Con el propósito de eliminar la pulpa y cualquier contaminante que pudiera afectar los resultados del experimento, se llevó a cabo un lavado constante con agua potable a temperatura ambiente de 2 a 3 minutos. Luego, se cortó la cáscara en trozos de 3x3 cm para asegurar un secado uniforme.

➤ **Pesado**

Se realizó la medición del peso de la totalidad de la cáscara de naranja que fue lavada y cortada previamente, la cual fue utilizada en el proceso para obtener la cantidad final del producto obtenido.

➤ **Secado**

Se ejecutó un proceso de secado con el objetivo de determinar el contenido inicial de humedad de la materia prima y conservarla de manera eficiente. Este proceso se llevó a cabo mediante un secador de bandejas configurado para operar a una temperatura de 60°C durante 15 horas y a una velocidad de 9 m/s, facilitando así la posterior etapa de triturado.

➤ **Triturado**

Se realizó un triturado con el objetivo de disminuir y homogenizar el tamaño de las partículas, asegurando así un mayor contacto entre las partículas y el mucílago de las semillas de café, dejando únicamente las partículas de un tamaño aproximado de 2 mm.

➤ **Caracterización**

Se realizaron análisis fisicoquímicos, que incluyeron la medición de pH, contenido de humedad, materia seca, cenizas y azúcares reductores. El propósito fue estandarizar la materia prima, utilizando métodos detallados en la tabla 6.

➤ **Envasado**

Se procedió a empacar la cáscara de naranja pulverizada en bolsas transparentes Ziploc con una cantidad de 2 kg por bolsa, las cuales fueron selladas y guardadas en contenedores de espuma para su conservación.

2.3.2 *Determinación de las proporciones de la mezcla de cáscara de naranja y granos de café en el proceso de fermentación.*

La materia prima (sustrato), fue recolectado de una finca situada en la parroquia Selva Alegre, perteneciente al cantón Otavalo en la provincia de Imbabura.

Se utilizaron muestras de granos de café variedad Castillo con mucílago, encontrándose la semilla en un estado de madurez etapa 4, punto óptimo de madurez para la cosecha según (Amaya, 2020).

2.3.2.1 Factores en estudio y tratamientos

Se realizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), siendo los factores los granos de café (A) y la cáscara de naranja (B) expresados en kilogramos (kg). Estos factores se encuentran expresados en la tabla 7.

Tabla 7

Factores en estudio

Granos de café	<ul style="list-style-type: none"> • C=1 kg
Cáscara de naranja	<ul style="list-style-type: none"> • CN1= 0 kg • CN2= 0.02 kg • CN3= 0.04 kg • CN4= 0.06 kg

2.3.2.2 Tratamientos en estudio

La distribución de los cuatro tratamientos utilizados en este experimento se detalla en la tabla 8.

Tabla 8

Combinación de factores en estudio

N° tratamientos	Factor A (Granos de café)	Factor B (Cáscara de naranja)	Combinación
1	C	CN1	C CN1
2	C	CN2	C CN2
3	C	CN3	C CN3
4	C	CN4	C CN4

2.3.2.3 Características de experimento

Se realizaron 3 repeticiones para cada uno de los 4 tratamientos, obteniendo de esta manera 12 unidades experimentales, las cuales fueron sometidas a un análisis DCA (Diseño Completamente al Azar) con arreglo factorial A x B. Cada unidad experimental consistió en un 1 kg de granos de café despulpado, a los cuales se les añadieron diversas proporciones de cáscara de naranja. Las características específicas del experimento se encuentran detalladas en la tabla 9.

Tabla 9

Características del experimento

Tratamientos	4
Repeticiones	3
Unidades experimentales	12

2.3.2.4 Proceso de fermentación

Para el bioproceso se utilizó el método de fermentación en estado sólido (FES), reportado por (Puerta & Echeverry, 2015), que consiste en colocar los granos de café despulados en el fermentador sin agregar agua.

2.3.2.5 Unidad experimental

Para cada unidad experimental se utilizaron recipientes de plástico con una capacidad de 3 kg.

2.3.2.6 Descripción de las variables a evaluar

Las variables que se evaluaron para los tratamientos propuestos se detallan en la tabla 10 juntamente con los métodos que se llevaron a cabo, las mismas se realizaron en el

laboratorio de Análisis Físico-Químico y microbiológico de la Universidad Técnica del Norte, lo que permitió obtener datos más precisos sobre las condiciones iniciales y finales del bioproceso.

Tabla 10

Métodos utilizados para las variables de investigación

Análisis	Método	Referencia
pH	Potenciómetro	(NTE INEN 0381)
Azúcares reductores	DNS (ácido 3,5-dinitro salicílico)	(Bello Gil et al., 2015)
Temperatura	Termómetro digital	(Puerta & Echeverry, 2015)

2.3.3 Análisis organolépticos del producto terminado

Para el análisis se enviaron una muestra de cada tratamiento y una muestra testigo para realizar una comparación de los análisis a la Asociación Agroartesanal de Caficultores (AACRI), ubicado en la ciudad de Cotacachi.

Las características organolépticas del café son utilizadas para medir y evaluar las cualidades percibidas a través de los sentidos humanos. Esto implica analizar e interpretar el color, aroma, sonido, sabor y textura experimentados al interactuar con el café. Estos análisis nos proporcionan una comprensión más precisa y detallada de la calidad del café.

En la tabla 11 se muestra el rango de clasificación del café según su puntaje final:

Tabla 11

Tabla de clasificación final del proceso de catación de café

Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90-100	Excepcional	Especial
85-89.99	Excelente	
80-84.99	Muy bueno	

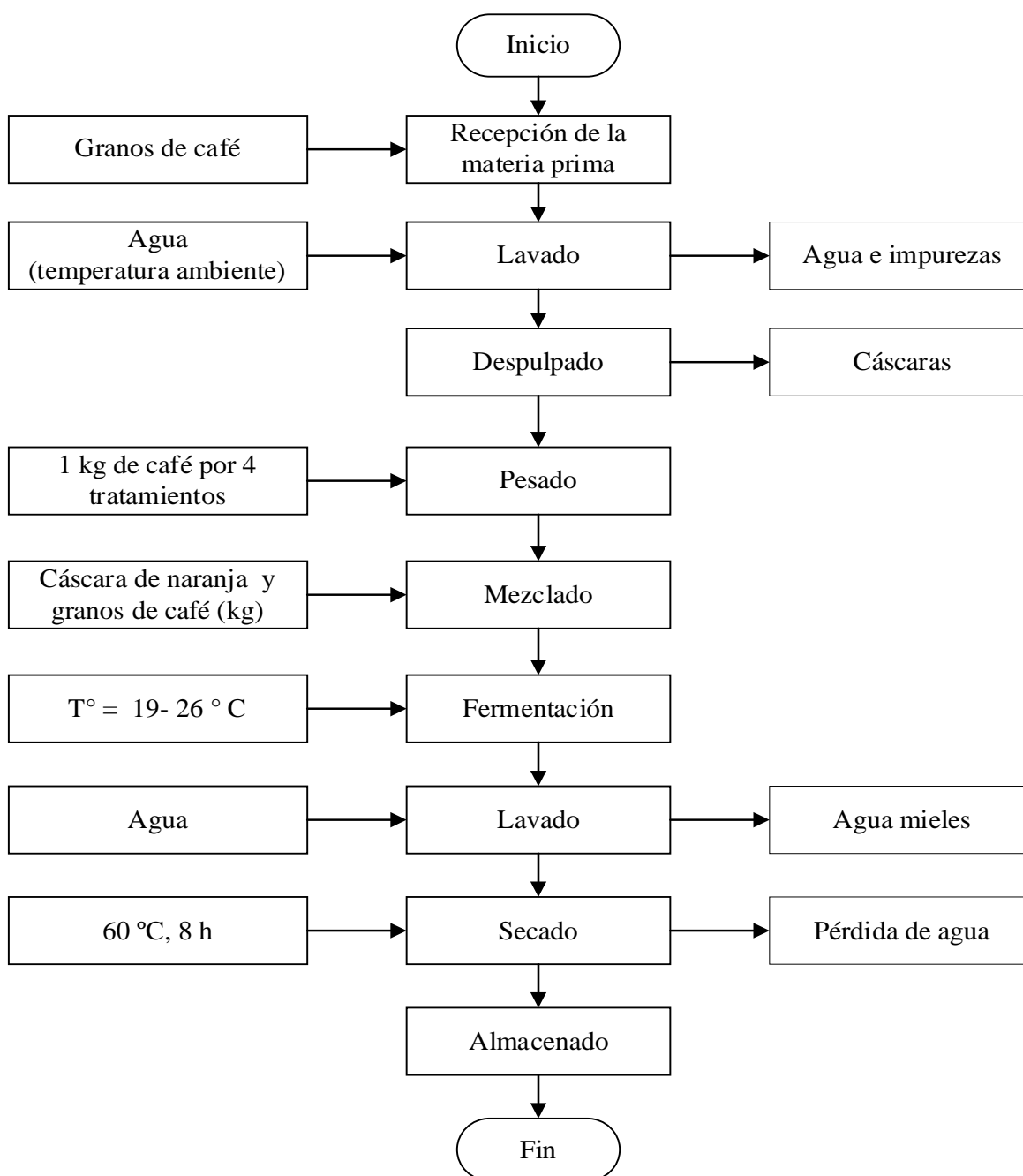
Tomado de: (Pintado & Vega, 2019)

2.4 Manejo específico del experimento

2.4.1 Diagrama de proceso para el proceso de fermentación de café

Figura 6

Diagrama del proceso



2.4.2 Descripción de operaciones del proceso de fermentación del café

Después de haber realizado el proceso de acondicionamiento de la cáscara de naranja, se llevó a cabo la obtención de la materia prima de café, como se muestra en la figura 6.

➤ Recolección de la materia prima (café)

Se recolectaron 7 kg de café de la variedad Castillo en estado óptimo de madurez (almendras de color rojizo) de la finca seleccionada, descartando aquellos frutos que estuvieran secos, sobre maduros, pintones o verdes.

➤ Recepción de materia prima

Luego de la selección de los granos de café, estos fueron recolectados en bolsas de polietileno selladas y preparados para transportarlas a las unidades Eduproductivas de la Universidad Técnica del Norte.

➤ Lavado

Las cerezas de café recolectadas se sumergieron en un recipiente lleno de agua, y las impurezas se eliminaron por densidad, ya que los granos vanos flotaron y se retiraron.

➤ Despulpado

Se realizó mediante el uso de un molino sin fin, con el fin de separar el epicarpio y parte del mesocarpio (pulpa) del grano de café, sin causar daños en las almendras.

➤ Homogenizado

En recipientes plásticos con capacidad de 5 kg, se colocaron las muestras de 0.5 kg de café despulpado y las proporciones correspondientes de cáscara de naranja detalladas en la tabla 8.

➤ **Fermentación**

Después de mezclar homogéneamente los componentes en recipientes de plástico para realizar la fermentación anaerobia, se removi6 el sustrato cada 4 horas hasta que el proceso fermentativo finaliz6. Se midi6 la temperatura del proceso utilizando un term6metro digital y se tomaron datos cada 8 horas para controlar el bioproceso. Para los an6lisis fisicoqu6micos (pH, az6cares reductores y grados brix) se obtuvo una muestra de 10 g de caf6 cada ocho horas desde el inicio de la fermentaci6n hasta su finalizaci6n, aplicando las metodolog6as detalladas en la tabla 9.

➤ **Lavado**

Las muestras se sometieron a un lavado con agua potable, con el fin de eliminar los residuos del muc6lago fermentado.

➤ **Secado**

Los granos de caf6 se sometieron a un proceso de secado utilizando un secador de bandejas a una temperatura de 50 6C durante 30 horas, hasta que alcanzaron una humedad promedio del 12%.

➤ **Almacenado**

Los granos de caf6 se almacenaron en bolsas de polietileno transparentes para evitar un aumento en el contenido de humedad y luego fueron enviadas para realizar un an6lisis organol6ptico.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estandarización de los residuos de cítricos

La estandarización del análisis de la cáscara de naranja permitió establecer un punto de partida preciso en el proceso de fermentación. Este procedimiento se llevó a cabo tras haber sometido al material a un proceso de conservación, que incluyó la selección de la materia prima, la limpieza, la molienda, el secado y el envasado, con el fin de mantener su calidad y consistencia hasta el momento óptimo para iniciar el bioproceso.

Se realizó un proceso en triplicado utilizando muestras de cáscaras de naranja de un proveedor específico. Con el objetivo de obtener resultados representativos y estandarizar eficazmente la materia prima, asegurando la confiabilidad de los datos y brindando una base sólida para el análisis.

Después de aplicar los procesos de conservación adecuados a la harina de cáscara de naranja, se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos necesarios para evaluar si cumple con las características requeridas. Esto aseguro que todos los experimentos se realizaran bajo condiciones estandarizadas y comparables.

3.1.1 Análisis fisicoquímicos

En la tabla 12 se presentan los análisis proximales realizados en las muestras, los cuales permitieron establecer el punto de partida del experimento. Después de su evaluación, se confirmó que la cáscara de naranja es adecuada para avanzar en el proceso de fermentación del café.

Tabla 12*Análisis fisicoquímicos de la harina de cáscara de naranja*

	pH Adimensional	Humedad %	Cenizas %	Azúcares reductores mg/ml
Promedio	4.86±0.05	8.17±0.74	4.0±0.03	20.23±0.20

*Promedio ± desviación estándar

pH

El resultado obtenido de 4.86 ± 0.05 para el valor de pH entra en la escala ácido, lo cual indica la presencia de ácido cítrico en la fruta. Este valor se encuentra dentro del rango de valores reportados por (Guerra, 2020). Además, los estudios realizados por (Aguirre et al., 2022) y (Haque et al., 2015) han encontrado que el pH de la cáscara de naranja seca varía entre 3.42 y 3.81 respectivamente, lo cual también indica la presencia de acidez en la muestra. Es importante tener en cuenta que la variabilidad en los valores de pH puede deberse a la variedad de naranja utilizada en cada estudio, ya que diferentes variedades pueden tener diferentes perfiles de acidez.

Humedad

Después de someter la cáscara de naranja a un proceso de secado a 60°C , se obtuvo un contenido de humedad de $8.17 \pm 0.74\%$ lo que garantiza su conservación hasta el momento de ser empleado. Aunque el resultado obtenido está por debajo de los valores sugeridos por (Guerra, 2020) que son $8.73 \pm 0.11\%$, se mantiene dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 616 (2006), que indica un máximo de 14.5% de humedad para su respectivo almacenamiento.

Cenizas

El contenido de ceniza en la cáscara de naranja seca se determinó en aproximadamente en un $4\% \pm 0.03$. Este resultado concuerda con estudios previos que

reportaron valores similares, alrededor del 4.9 % según (Pinzón Bedoya & Cardona Tamayo, 2008) y del $3.33\% \pm 0.74$ según (Guerra, 2020). Nuestros resultados respaldan la información existente sobre el contenido de ceniza en la cáscara de naranja, estas diferencias mínimas podrían atribuirse a variaciones en las fuentes de muestra y los métodos de análisis utilizados.

Azúcares reductores

Se identificó una concentración de azúcares reductores en la harina de cáscara de naranja de 20.23 ± 0.20 . Este resultado indica la presencia de actividad enzimática en el producto, lo cual es relevante debido a su contribución al proceso de fermentación. Es importante tener en cuenta que las cantidades de azúcares reductores en la cáscara de naranja seca son relativamente bajas.

El estudio realizado por (Ayala et al., 2021) se encontró resultados ligeramente superiores, con una medición de alrededor de 24,55 g/L de azúcares reductores. Aunque nuestra cifra se encuentra por debajo, la diferencia no fue significativa en términos marcados, lo que sugiere una semejanza entre ambos estudios en cuanto a los niveles de azúcares reductores encontrados.

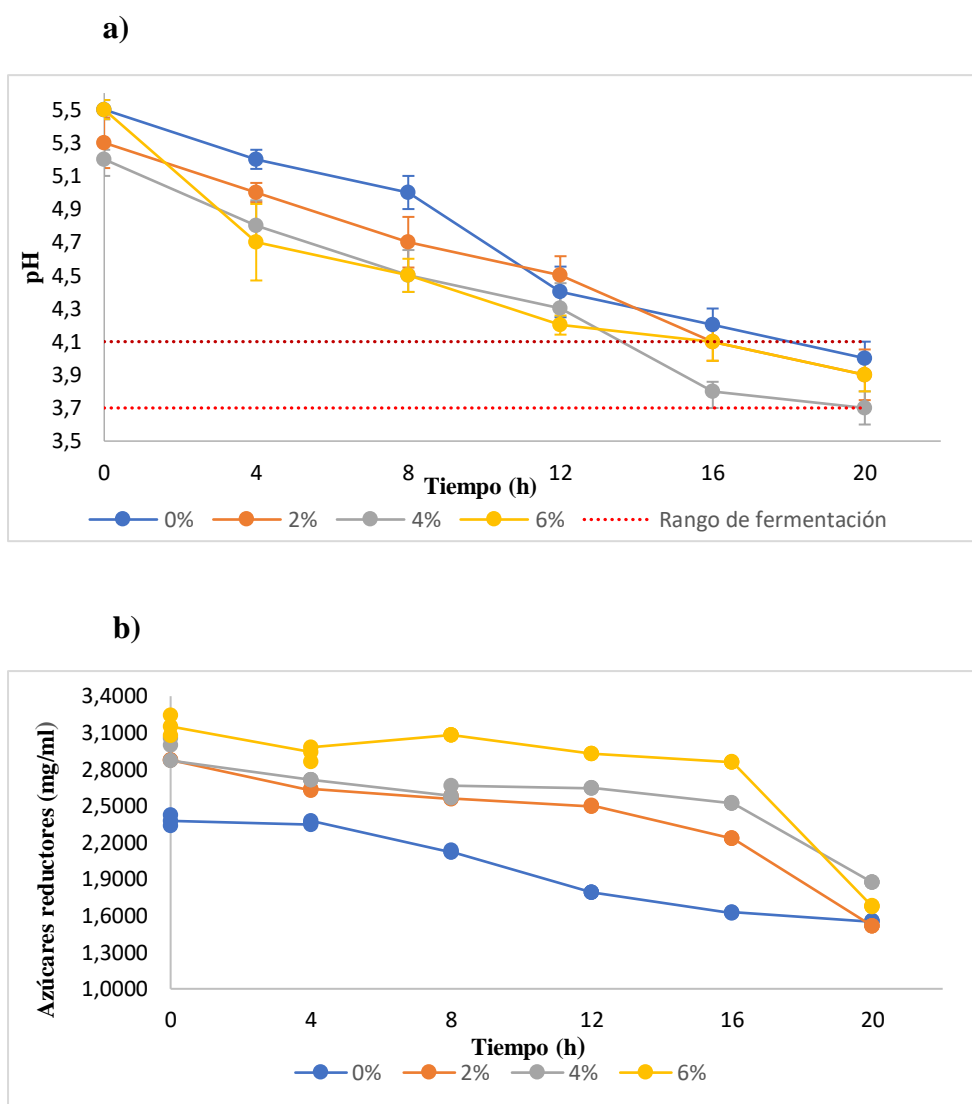
3.2 Determinación de las proporciones de la mezcla de cáscara de naranja y granos de café en el proceso de fermentación

Se trabajó con diferentes proporciones de harina de cáscara de naranja en 1 kg de granos de café con el objetivo de encontrar la combinación más efectiva para acelerar el proceso de fermentación. Se tomaron mediciones de variables como pH, temperatura y azúcares reductores.

Diversos factores influyen en el tiempo de fermentación del café, como las condiciones del recipiente, la madurez y calidad de las semillas, que a su vez están influenciados por las características meteorológicas del entorno en el que se encuentran. Con el fin de determinar el momento preciso en el que el mucílago se desprende completamente del grano durante este proceso, se llevó a cabo un monitoreo constante mediante mediciones regulares del pH y la temperatura del sustrato cada 4 horas.

Figura 7

Cinética del comportamiento del pH (a) y azúcares reductores (b) del café maduro durante la fermentación



Fermentación en estado sólido (FES) en condiciones ambientales a temperaturas promedio de 23.7 ± 1.1 °C.

En la figura 7 a) el pH inicialmente se encuentra en un rango de 5.2 a 5.5 el cual es favorable para el proceso de fermentación, este concuerda con los valores citados por (Puerta 2012) , indicando que el café en estado fresco es ligeramente ácido. Durante el proceso de fermentación, se observa una disminución más rápida en las primeras horas debido a la formación y disociación de ácidos. Según las investigaciones de (Puerta & Echeverry, 2015) y (Medina et al., 2019), los valores comprendidos entre 3.7 y 4.1 (marcados en el grafico con líneas rojas discontinuas) se consideran apropiados y seguros para detener la fermentación. Se evidenció que en los casos donde se adicionó harina de cáscara de naranja disminuyeron con mayor rapidez, siendo el tratamiento 3 (4% de harina de cáscara de naranja) el que más rápido disminuyó, alcanzando el valor idóneo en 14 horas.

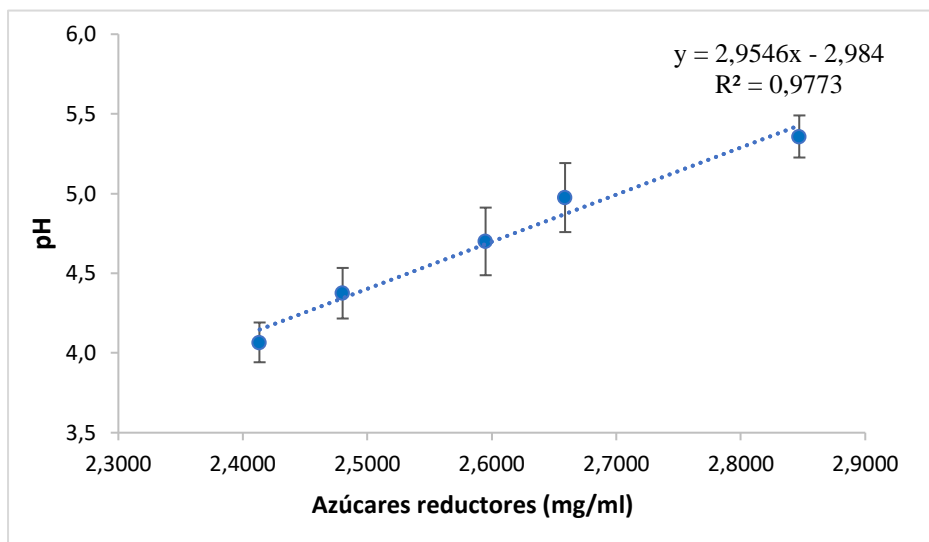
Según (Puerta & Echeverry, 2015), los azúcares reductores representan entre el 4.0% y el 4.6% del peso del mucílago fresco y son fermentados por levaduras y bacterias. Sin embargo, a medida que el sustrato se agota y se acidifica, la velocidad de degradación de estos azúcares disminuye. Además, la velocidad de fermentación del café se ve influenciada por la temperatura ambiente, siendo más rápida a temperaturas elevadas. Por otra parte, el estudio realizado por (Súarez, 2018), quien obtuvo un promedio del 3.25% de azúcares reductores en su investigación, lo cual representa una mayor similitud con nuestros resultados. Asimismo, Suárez menciona que el contenido de azúcares reductores varía entre 3.2% y 12.4%, lo que concuerda con nuestra observación en la concentración de estos azúcares.

Durante el estudio, se pudo observar que en los tratamientos que incluyeron harina de cáscara de naranja presentaron una mayor concentración de azúcares reductores debido a la presencia de pectina en dicha harina. Específicamente, el segundo tratamiento que

contenía un 2 % de harina de cáscara de naranja, fue el que experimentó una degradación más rápida en comparación con los demás tratamientos.

Figura 8

Correlación entre pH y azúcares reductores en el proceso de fermentación de café



En la figura 8, se presenta un análisis de correlación entre el pH y los azúcares reductores con el fin de investigar una posible relación entre ambas variables. Los resultados obtenidos indican una correlación positiva altamente significativa, con un coeficiente de correlación del 97%, lo que confirma la confiabilidad de los datos. Estos datos evidencian una fuerte y significativa asociación entre el pH y los azúcares reductores, lo que sugiere una clara interrelación entre ambas variables.

Además, según lo mencionado por (Gutiérrez & De la Vara, 2016), un coeficiente de correlación (r) cercano a -1 indica una fuerte relación lineal negativa, mientras que un r cercano a cero sugiere una falta de correlación lineal. Por otro lado, un r cercano a 1 señala una fuerte relación lineal positiva (pág. 310).

Tabla 13

Comparación del coeficiente del ks con cada muestra trabajada

Muestras	ARmax	b	ks, h⁻¹
0%	2.8135	0.2036	0.0888
2%	4.3669	0.5336	0.0279
4%	28.8622	9.0832	0.0091
6%	3.5143	0.4336	0.0855

En la tabla 13 se muestran los coeficientes de velocidad de degradación del sustrato (ks, h^{-1}) para cada uno de los tratamientos. En este estudio, se empleó una función de decrecimiento basada en el modelo de crecimiento propuesta por (Landsberg, 1977), que previamente fue utilizada por (Puerta, 2015) para analizar la degradación de los azúcares reductores en función del tiempo. Los resultados indican que los valores más altos de ks están asociados con una fermentación más rápida. Específicamente, el tratamiento tres, que contenía el 4% de harina de cáscara de naranja, experimentó una degradación más rápida de los azúcares reductores en comparación con los demás tratamientos.

3.3 Realizar análisis organoléptico del producto terminado

Para el cumplimiento del objetivo 3, se implementó la metodología previamente detallada, siguiendo las pautas establecidas por la (SCAA, 2015). En la tabla 14, se muestra el rango de clasificación del café de acuerdo con su puntaje final:

Tabla 14

Tabla de clasificación final del proceso de catación de café según protocolo SCAA

Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90-100	Excepcional	Especial
85-89.99	Excelente	

80-84.99	Muy bueno	
<80.0	Debajo de la calidad especial	No especial

Tomado de: (SCAA, 2015)

Según los protocolos de catación definidos por el SCAA y seguidos rigurosamente por los catadores de la Asociación Agroartesanal de Caficultores (AACRI), se realizó un análisis de las cuatro muestras mencionadas para obtener los resultados individuales de cada una.

En la tabla 15 se muestran los resultados de la puntuación final obtenidos en los análisis organolépticos de los cuatro tratamientos de estudio, los cuales fueron ajustados con diferentes proporciones (CN1= 1 kg de café/0 kg de cáscara de naranja, CN2= 1 kg de café /0.02 kg de cáscara de naranja, CN3=1 kg de café/0.04 kg de cáscara de naranja, CN4= 1 kg de café/ 0.06 de cáscara de naranja).

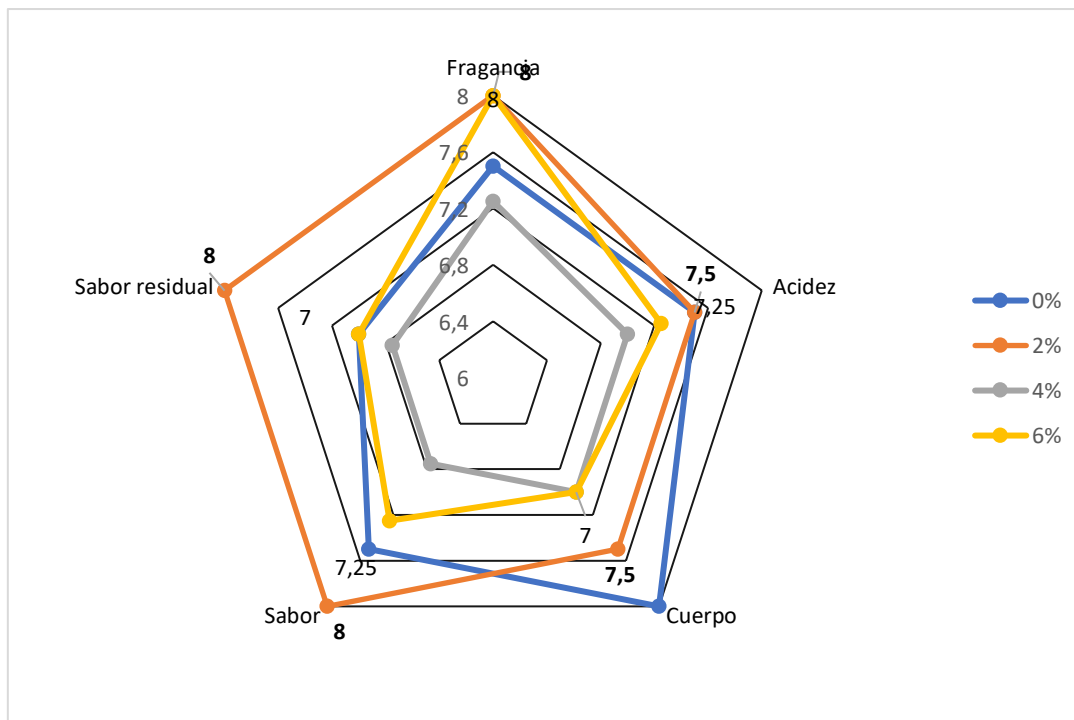
Tabla 15

Resultados promedio de la puntuación final de la evaluación sensorial del café

Proporción	Valor
CN1(Testigo)	77.5 ± 0.7
CN2	83 ± 0.0
CN3	80 ±1.4
CN4	80 ± 0.7

*Valor promedio ± desviación estándar (n=2)

De acuerdo con los criterios de evaluación de la SCAA, que emplea una escala de 0 a 100 puntos, se observa que el tratamiento CN2 alcanzó una puntuación promedio de 83.00 puntos, clasificándose como muy bueno y de especialidad, según los estándares por la (SCAA, 2015). Estos resultados indican que los tratamientos que incluyen cáscara de naranja tienen mejor calidad sensorial en comparación con el tratamiento testigo.

Figura 9*Telaraña comparación de resultados*

Los resultados de las muestras, recopilados por el equipo de catadores de la Asociación Agroartesanal de Caficultores (AACRI), se presentan en la figura 9 y son evaluados en relación con las características del café, como la fragancia, sabor, sabor residual, acidez y cuerpo, de acuerdo con la tabla del SCAA.

Se destaca que el segundo tratamiento, que contiene un 2% de harina de cáscara de naranja, sobresale por sus notables atributos de sabor y fragancia en el café. En este caso, el café presenta un perfil distinguido por notas delicadas, frutales y florales, su fragancia revela matices de frutos amarillos, chocolate blanco y una ligera presencia de vainilla. El aroma se caracteriza por ser frutal amarillo ligero, con toques de chocolate con leche. La acidez es considerada de nivel medio, mientras que el cuerpo del café es ligero, por otro lado, el pos-gusto es agradable y tiene una duración notable.

Los resultados obtenidos como se muestra en la tabla 15 reflejan que las muestras se encuentran dentro del rango de calidad muy bueno y de especialidad ,según los criterios establecidos por el (SCAA, 2015). Al comparar estos resultados con los obtenidos por (Pintado & Vega, 2019), se observa una diferencia mínima donde nuestras muestras se sitúan por encima. Además, los puntajes registrados en el estudio realizado por (Rodríguez et al., 2022), se evidencia una ligera superioridad en nuestros resultados.

Estos hallazgos respaldan la idea de que la incorporación de harina de cáscara de naranja mejora las cualidades organolépticas del café, lo que resulta en un aumento de su calidad en taza. Es importante tener en cuenta que estos resultados pueden variar en función del proceso de producción del café, desde la etapa de cosecha hasta el secado.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La harina de cáscara de naranja una vez estandarizada (secada y triturada) conserva sus características fisicoquímicas y presenta una actividad enzimática significativa para ser utilizada como suplemento fermentativo.
- La incorporación de harina de cáscara de naranja al proceso de fermentación, el café demostró tener un impacto positivo y significativo al reducir el tiempo de fermentación.
- En los análisis organolépticos la adición de la harina de cáscara de naranja demostró mejorar los atributos como el aroma, acidez, sabor, post gusto, dulzura, cuerpo, balance, uniformidad y limpieza.

4.2 Recomendaciones

- Llevar a cabo otras investigaciones utilizando el método de fermentación sumergida a diferentes concentraciones de harina de cáscara de naranja, con el propósito de incrementar el rendimiento en taza y mejorar las características organolépticas del producto final.
- Realizar estudios a mayor escala de la mejor propuesta obtenida, estos estudios ampliados nos permitirán obtener datos más sólidos y representativos, garantizando la implementación exitosa de la propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- AACRI. (2020). *Asociación Río Intag*. <http://aacri.com/>
- Aguirre, S., Piraneque, N., & Cabaecas, D. (2022). Compost de cáscara de naranja: una alternativa de aprovechamiento y ciclaje de materia orgánica en la Región Caribe de Colombia *Scielo*, 18, 11. <https://www.redalyc.org/journal/2654/265472214018/html/>
- Amaya, N. (2020). *Determinación de las características fisicoquímicas y microbianas del mucílago del café para labioproducción de alcohol y la simulación de su obtención con el software aspenhysys y aspen plus*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA]. https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/12122/2020_Tesis_Nicolás_Arias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Asencio, D. (2019). “Análisis del sector cafetalero y su aporte a la economía ecuatoriana, periodo 2012 - 2016” Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38524>
- Avilés, N., & Tapia, n. (2016). “Obtención de dos tipos de enzimas pectinasa (cáscara de naranja) celulasa (cáscara de plátano) y su evaluación en la producción de pulpa de manzana (*malus domestica*) y pera (*pyrus communis*) en los laboratorios académicos de la carrera de ingeniería agroindustrial de la universidad técnica de cotopaxi en el periodo”]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2640>
- Ayala, J., Montero, G., Coronado, M., & García, C. (2021). Caracterización de Residuos de Cáscara de Naranja y Valorización para la Obtención de Azúcares Reductores. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6041504.pdf>
- Bello Gil, D., Carrera Bocourt, E., & Díaz Maqueira, Y. (2015). Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar *ICIDCA SG* <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120664006.pdf>
- Campelo, J. (2020). “Situación actual de los productores de naranja (*Citrus sinensis*) en el Ecuador” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8500/E->

- UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000102.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=1.5.3.&text=Armas%20Valdiviezo%20(2012)%20indica%20que,Naranja%20agria%20y%20Naranja%20pomelo.
- Cañas, M. A. P. (2015). *Análisis de los factores que inciden en la producción de café en el Ecuador.*
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6848/7.36.001425.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Cruz, J. (2013). *Determinación de la actividad enzimática de dos enzimas comerciales a diferentes pH, temperatura y concentración de sustrato* Instituto Tecnológico de Tuxtla [Gutiérrez].
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3103/MDRPIBQ2013008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruz, J. (2021). “*DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE DOS ENZIMAS COMERCIALES A DIFERENTES pH, TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE SUSTRATO*” INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ].
<http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3103/MDRPIBQ2013008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Córdova, N., & Guerrero, J. (2016). CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS TRADICIONALES DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. 14.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200009
- Díaz, P. (2014). *Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (Coffea arábica L. Var. Colombia) producido en los municipios de buesaco y la union – nariño, PERTENECIENTES AL ECOTOPO E – 220 A UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA YA DISTANCIA – UNAD*].
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2598/1085260903.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guerra, E. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (Citrus x sinensis) para Uso Alimentario I 1 <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12724#:~:text=La>

- [%20caracterizaci%C3%B3n%20físicoqu%C3%ADmica%20funcional%20y,nitr%C3%B3geno%20\(79,18%20C2%B1%200,22%20%25\)](#)
- Guevara, J. (2017). *Cerezas de Café sin Recolectar*. <https://perfectdailygrind.com/es/2017/06/26/las-cerezas-sin-recolectar-cual-es-la-solucion/>
- Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2016). *Análisis y Diseño de Experimentos* (Tercera ed.).
- Haile, M., & Won Hee, K. (2019). The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2019/4836709/>
- Haque, E., Hanif, M., Nadeem, M., Mehmood, A., Ibrar, M., Iqbal, Z., & Jabbar, S. (2015). Estudio físico-químico y reológico de galletas fortificadas con pulpa de naranja *Science letters*, 3 4 http://thesciencepublishers.com/science_letters/files/v3i2-6-2015002-SL.pdf
- Landsberg, J. (1977). Algunas aplicaciones de los estudios biológicos. (*Agricultura Experimental*), 15. <https://www.researchgate.net/publication/231881251>
- Martínez, P. (2011). ENZIMAS: una alternativa para remover rápida y eficazmente el mucílago del café. *CENICAFÉ*, 8 <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0406.pdf>
- Medina, D., Oseguera, F., & Hernández, J. (2019). Evaluación de Procesos de Fermentación Natural del Café (Coffea arábica).9 https://issuu.com/cesarmaradiaga2/docs/boletin_tecnihcafe_n0._4_evaluacion
- Melo, V., & Cuamatzi, O. (2019). *Bioquímica de los procesos metabólicos (3a. ed.)*. Editorial Reverte. https://www.reverte.com/libro/bioquimica-de-los-procesos-metabolicos-3a-ed_97968/
- Muñoz-Briones, P., Almeida- Streitwieser, D., Fonseca- Ashton, J. D., & Alvarez-Barreto, J. (2021). Estudio de pre-factibilidad técnica y económica de la implementación de una biorrefinería para la conversión de residuos de cáscara de naranja. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18272/aci.v13i2.2289>
- Orozco, M. O. D. (2013). *ESTIMACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE SABORES Y AROMAS A PARTIR DE LOS EXTRACTOS DEL CAFÉ LÍQUIDO OBTENIDO POR LIOFILIZACIÓN*. <https://docplayer.es/82803767-Universidad-nacional-de-ingenieria.html>

- Pintado, P., & Vega, V. (2019). *CALIDAD EN TAZA DEL CAFÉ (Coffea Arabica L.) CATIMOR CON ZUMO Y CÁSCARA DE NARANJA INCORPORADO EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN* UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN]. http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/48/1/Pintado_CPM_Vega_CVA.pdf
- Pinzón Bedoya, M., & Cardona Tamayo, A. (2008). "Caracterización de la cáscara de naranja para su uso como material bioadsorbente". . *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 6 23. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90312176003.pdf>
- Puerta, G., & Echeverry, J. o. G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad 12. <https://www.cenicafe.org/es/publicaciones/avt0454.pdf>
- Puerta, G. I. (2012). *FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/327/1/avt0422.pdf>
- Puerta, G. I. (2015). CINÉTICA QUÍMICA DE LA FERMENTACIÓN DEL MUCÍLAGO DE CAFÉ A TEMPERATURA AMBIENTE 19. <https://www.researchgate.net/publication/324025599>
- Ramos, P. a., Sanz, J., & Oliveros, C. a. (2012). *IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FRUTOS DE CAFÉ EN TIEMPO REAL, A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE COLOR* <https://www.cenicafe.org/es/publicaciones/arc061%2804%29315-326.pdf>
- Ramírez, G., González, C., & Guerrero, P. (2020). Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R. *Revista De Investigación, Administración E Ingeniería* , 84–91. <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/1627>
- Robinson, T., Singh, D., & Nigam, P. (2015). Fermentación en estado sólido: una tecnología microbiana promisorio para la producción de metabolitos secundarios <p align="center" class="MsoNormal" style="margin-top:3.15pt;margin-right:15.6pt;margin-bottom:0cm;margin-left:25.7pt;margin-bottom:.0001pt;text-align:center;line-height:130%">. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA* 9, 11 <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169818107003.pdf>
- Rodríguez, J., Roa, J. D., & Martínez, V. M. (2022). Evaluación del proceso de beneficio semiseco en las variedades de Café (Coffee arábica) Castillo, Colombia y Caturra y su efecto en la calidad en taza 27, 11. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8865457.pdf>

- SCAA. (2015). Specialty Coffee Association of America. 10. <https://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>
- Shet, A. R., Shivalingasarga, V. D., & Sharanappa, A. (2018). ENZIMAS PECTINOLÍTICAS: CLASIFICACIÓN, PRODUCCIÓN, PURIFICACIÓN Y APLICACIONES <http://www.rjlbps.com/article-pdf-downloads/2018/19/261.pdf>
- Súarez, L. (2018). *Aprovechamiento Agroindustrial de la pulpa y cascarilla del café(Coffea arábica) variedad caturra en el Noroccidente de Pichincha*. UDLA]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10317/1/UDLA-EC-TIAG-2018-28.pdf>
- Torres-Valenzuela, L. S., Martínez, K. G., Serna-Jimenez, J. A., & Hernández, M. C. (2019). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Físicoquímicas. *Información tecnológica*, 30, 189-200. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000200189
- Vilca, R. (2014). “*Evaluación de la influencia de parámetros de fermentación en la calidad sensorial del café (coffea arábica l.) del valle de inambari – sandia*” universidad nacional del altiplano facultad de ciencias agrarias escuela profesional de ingeniería agroindustrial].https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50686/Nayra_ME-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

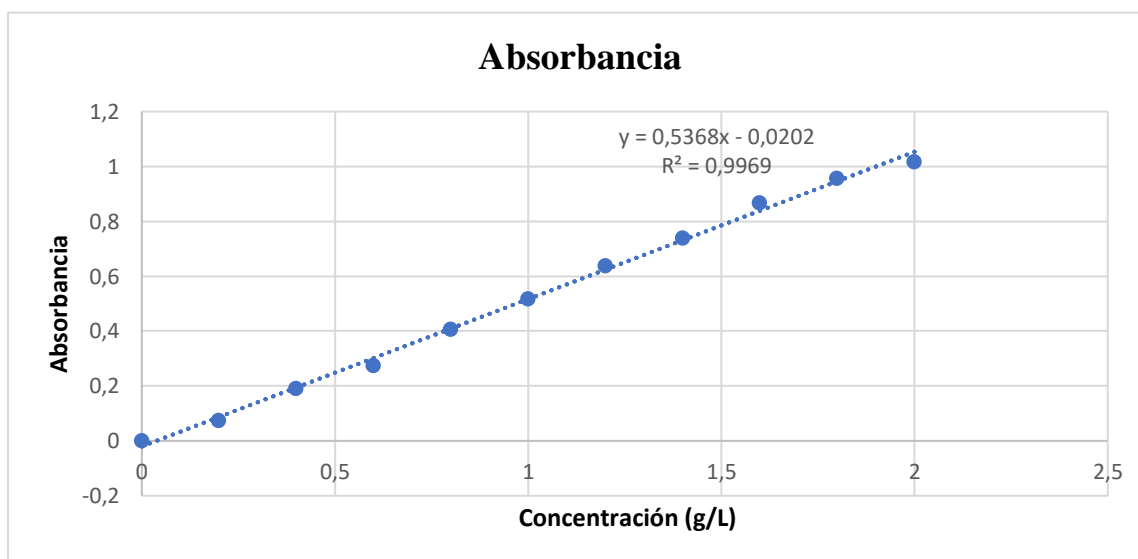
Anexo 1

Datos obtenidos para la curva de calibración absorbancia vs concentración glucosa (g/L)

Concentración (g/L)	Absorbancia	R1	R2	R3
C1	0	0,0000	0	0
C2	0,2	0,0737	0,0737	0,0736
C3	0,4	0,1905	0,1905	0,1904
C4	0,6	0,2748	0,2748	0,2749
C5	0,8	0,4064	0,4063	0,4065
C6	1	0,5173	0,5173	0,5173
C7	1,2	0,6389	0,6389	0,6389
C8	1,4	0,7399	0,7399	0,74
C9	1,6	0,8674	0,8672	0,8674
C10	1,8	0,9571	0,9571	0,9572
C11	2	1,0166	1,0172	1,0164

Anexo 2

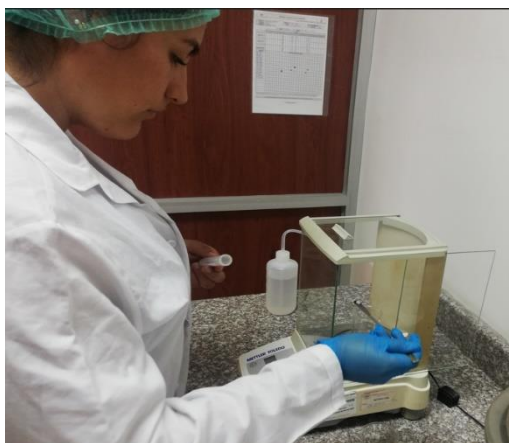
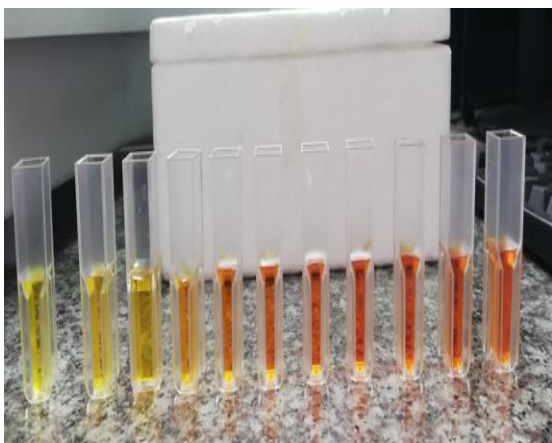
Curva de calibración absorbancia vs concentración glucosa (g/L)



Anexo 3

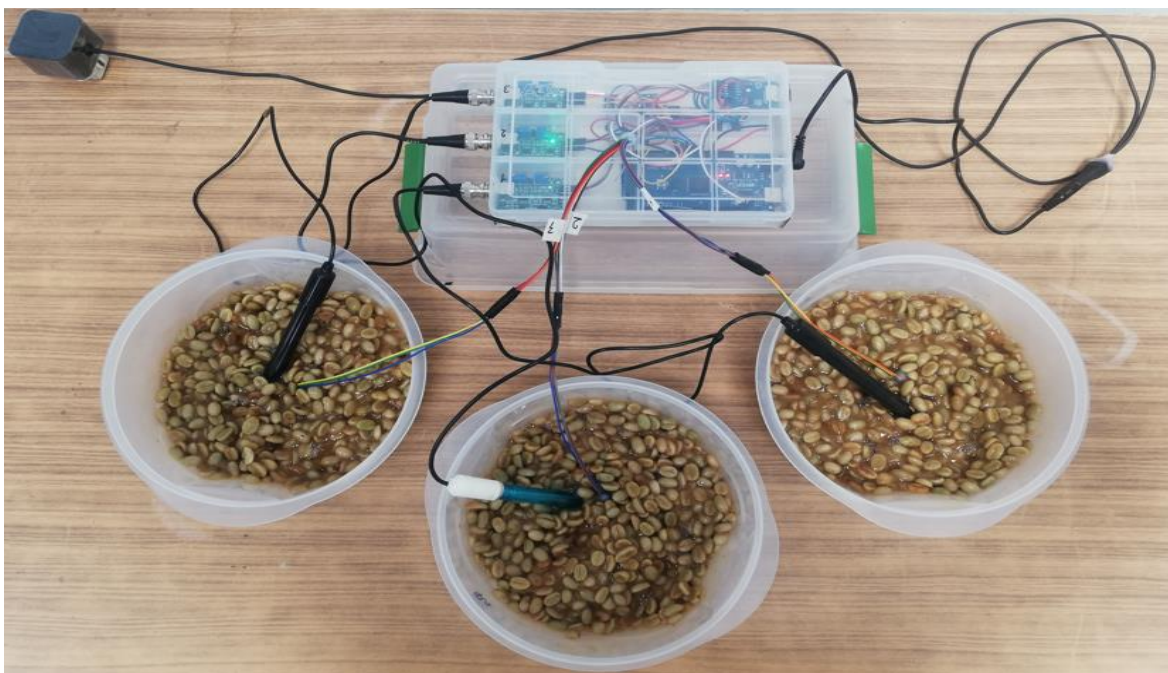
Preparación de la cáscara de naranja



Anexo 4*Estandarización de la cáscara de naranja*

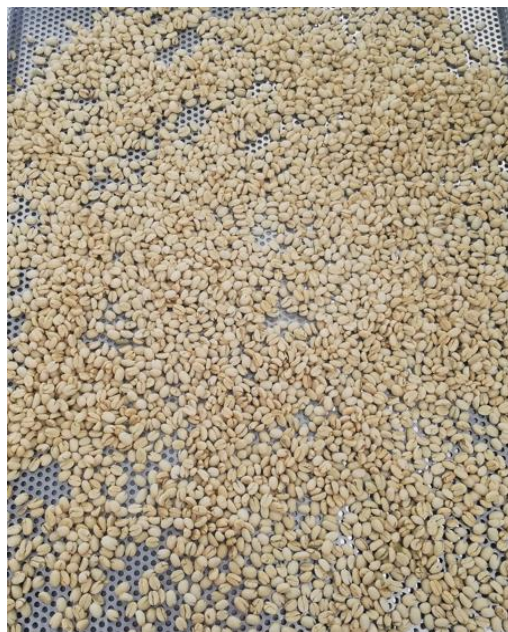
Anexo 5

Proceso de fermentación del café con la harina de cáscara de naranja




Anexo 6

Lavado y secado del café



Anexo 7

Resultados obtenidos de las de las evaluaciones sensoriales realizadas a los diferentes tratamientos

 **CIACION RIO INTAG - AA**
REFERENCIA DE M R/Nº R1050

PRODUCTOR SILVANA TROYA FECHA 15/06/2023
 FINCA SELVA ALEGRE CONTRAT LOTE # 00
 TECNOLOGIA LAVADO SACOS 0
 CALIDAD SN Q. Q. S 0.00

ISTEMA DE CLASIFICACION PARA CAFE VERDE


CATEGORIA # 1	CATEGORIA # 2	CRIBAS	TAMAÑO	PESO
G. Negro 0 1 0	Negro Part 0 3 0	Tamiz # 0.00%	0.00%	0.00
G. Agrio 0 1 0	Agrio Part 0 3 0	Tamiz # 0.00%		
Cereza Sec 0 1 0	Frag/ Pulp 0 5 0	Tamiz # 0.00%		
Daño x Hon 0 1 0	Plotador 0 5 0	Tamiz # 0.00%		
Broca seve 0 5 0	Inmaduros 0 5 0	Tamiz # 0.00%		
Piedras 0 1 0	Averanados 0 5 0	Tamiz # 0.00%		
Palos 0 1 0	Conchas 0 5 0	Tamiz # 0.00%		
Pergamino 0 5 0	Part. / Qi 0 5 0	Tamiz # 0.00%		
Otros / 0 1 0	Brocado l: 0 10 0	TOTAL 0.00%		
DEFECTOS: 0	DEFECTOS: 0	HUMEDAD CAFE ORO 13.00%		

COLOR	OLOR	CUERPO	IMPERFECTO	TOTAL	EXPORTABLE
BALNQUESINO	HUMEDAD, TERROSO	LIGERO	BLANQUEDOS	0.00%	#IVALORI

ANALISIS DE TOSTADO

UNIFORMIDA BRILLANTEZ CARÁCTER COLOR/CENTRC CONSISTENCIA YUAKERS / VERDES QKERS

ANALISIS ORGANOLEPTICO - T A Z A

Fragancia	7.50	Frag/ frutal, frutos	
Acidez	7.50	rojos, terroso y frutos secos	
Cuerpo	8.00	co chocolate, Aroma/terroso	
Sabor	7.50	allicorado, chocolate	
S. Residual	7.00	amargo. Sabor/ dulce medio	
Balance	7.50	bajo. Acidez/ ligera baja.	
Average	7.50	Cuerpo / medio alto.	
Uniformida	8.50	NOTAS/a chocolate	
Limpieza	8.50	amargo, ligera acidez no	
Dulzura	8.50	agradable sin ser agria,	
PUNTAJE	78.00	terroso presente, pos gusto	
		de baja calidad, no mejora en	

OBSERVACIONES : café bastante malo en tasa , por mejorar procesos de fermentacion y secado y tambien de cosecha

CALIFICACION

REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	S-H-B	S-H-G MARA SUP. STOCKLOT
60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a (+)		

Lapping Lab no se hace responsable por el riesgo en bolsa, Certificado de calidad valido por 15 dias a partir de la fecha de emision.
 Referencia sistema de clasificacion para café verde SCAA.



CIACION RIO INTAG - AA

R E F E R E N C I A D E M R/N° RI051

PRODUCTOR	<u>SILVANA TROYA</u>	FECHA	<u>15/06/2023</u>
FINCA	<u>SELVA ALEGRE</u>	CONTRAT	<u>LOTE # 00</u>
TECNOLOGIA	<u>LAVADO</u>	SACOS	<u>0</u>
CALIDAD	<u>CN-20</u>	Q. Q. S	<u>0.00</u>

SISTEMA DE CLASIFICACION PARA CAFÉ VERDE

CATEGORIA # 1			CATEGORIA # 2			CRIBAS	TAMAÑO	PESO
G. Negro	0	1	0	Negro Parc	0	3	0	Tamiz # 0.00%
G. Agrio	0	1	0	Agrio Parc	0	3	0	Tamiz # 0.00%
Cereza Sec	0	1	0	Frag/ Pulv	0	5	0	Tamiz # 0.00%
Daño x Hon	0	1	0	Flotador	0	5	0	Tamiz # 0.00%
Broca seve	0	5	0	Inmaduros	0	5	0	Tamiz # 0.00%
Piedras	0	1	0	Averanador	0	5	0	Tamiz # 0.00%
Palos	0	1	0	Conchas	0	5	0	Tamiz # 0.00%
Pergamino	0	5	0	Part. / Qi	0	5	0	Tamiz # 0.00%
Otros /	0	1	0	Brocado le	0	10	0	TOTAL 0.00%
DEFECTOS:	0		DEFECTOS:	0		HUMEDAD CAFÉ ORO		14.00%

COLOR	OLOR	CUERPO	IMPERFECTO	TOTAL	EXPORTABLE
VERDE BLANQUEADO	POCO HUMEDAD	LIGERO	DECOLORADO	0.00%	#(VALORI)

ANALISIS DE TOSTADO

UNIFORMIDA BRILLANTEZ CARÁCTER COLOR/CENTRO CONSISTENCIA QUAKERS / VERDES QUAKERS

ANALISIS ORGANOLEPTICO - TAZA

Fragancia	8.00	Fragancia/ frutos amarillos,	
Acidez	7.50	chocolate blanco y ligera	
Cuerpo	7.50	vainilla Aroma/frutal amarillo	
Sabor	8.00	ligero, chocolate con leche y	
S. Residual	8.00	galleta dulce, Sabor/dulce	
Balance	7.50	medio. Acidez/media, Cuerpo/	
Average	7.50	ligero, plano. NOTAS	
Uniformida	9.50	delicadas, frutales y florales,	
Limpieza	9.50	frutos amarillos, pos gusto,	
Dulzura	10.00	agradable de duracion	
PUNTAJE	83.00	media, se aplanan en frio	

OBSERVACIONES : un café de buen proceso, pero si mejorar tiempos de fermentacion y tambien mejorar cosecha con granos maduros

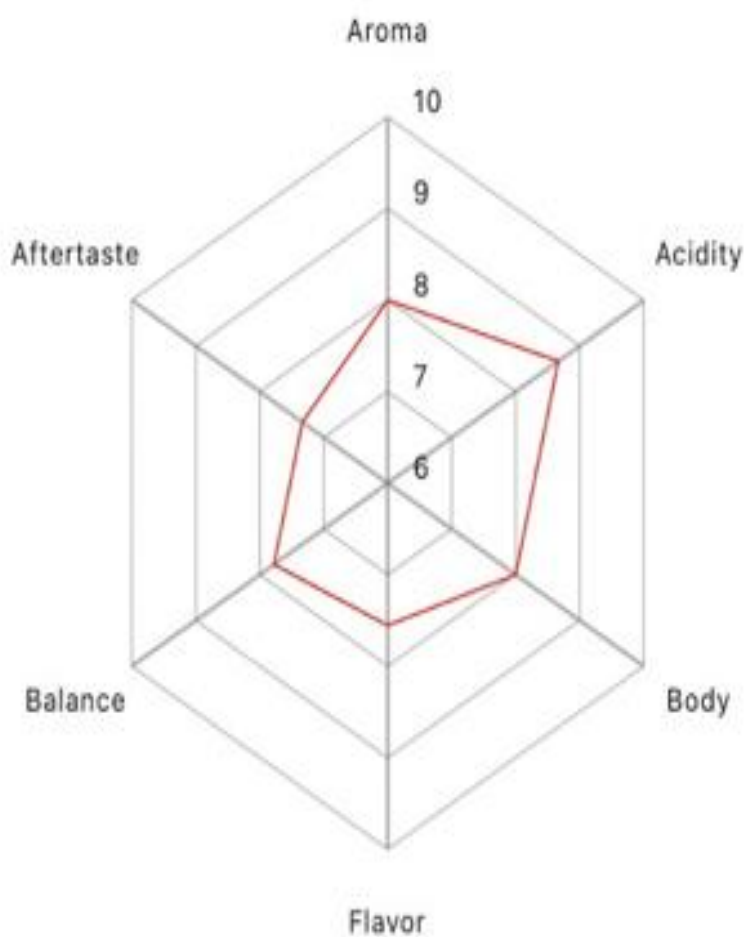
CALIFICACION

REGULAR	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	S-H-B	S-H-G MARA SUP. STOCKLOT
60 a 69	70 a 79	80 a 89	90 a (+)		

Cupping Lab no se hace responsable por el frotis en bodega, Certificado de Calidad válido por 15 días a partir de la fecha de emisión.
Referencia sistema de clasificación para café verde SCAA.

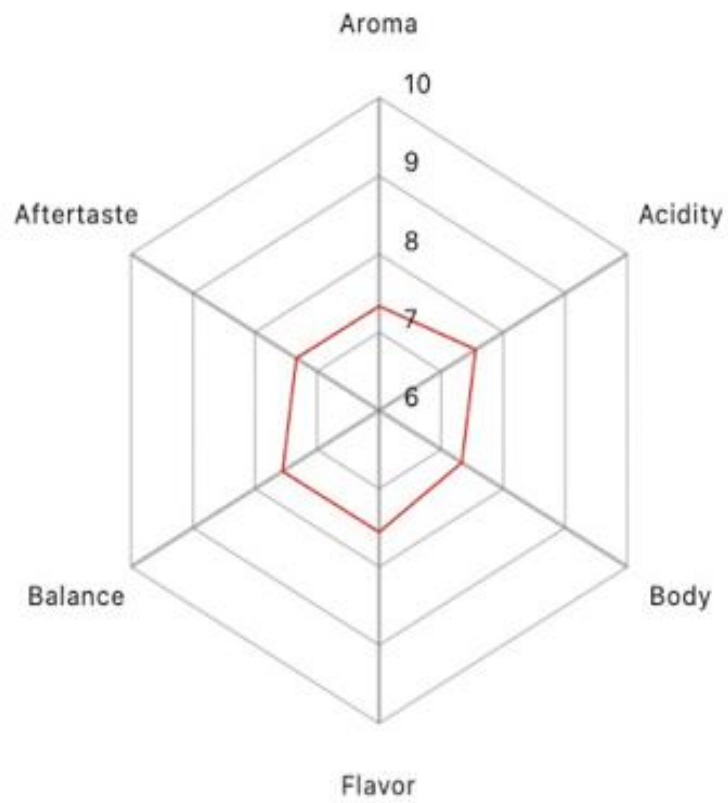
Sample #	Aroma: 7,75	Sabor: 7,25	Acidity: 8,5	Body: 7,75	Uniformidad: 10	Taza limpia: 10	Puntaje: 7,25	Total:
	Dry: 7,75 Briak: 7	Residual: 7	Intensity: 6,25	Level: 7,25	Balance: 7,8	Sweet: 10		Defectos: 0
Notas: Cafe muy poco intenso , nada dulce , cereal corn flakes- aromatico, buena acidez citrica como mandarina								Final: 83

20



Sample #	Aroma: 7	Sabor: 7,25	Acidity: 7,25	Body: 7	Uniformidad: 10	Taza limpia: 10	Puntaje: 7,25	Total:
	Dry: 8 Break: 6,25	Residual: 7	Intensity: 7,25	Level: 5,25	Balance: 7,25	Sweet: 10		Defectos: 0
Notas: Achocolatado, vainilla muy sutil, aparece cereal, rancio vegetal, acidez media , sale vegetal en frío.								Final: 80

40



Sample #	Aroma: 7,25	Sabor: 6,75	Acidity: 6,75	Body: 6,75	Uniformidad: 10	Taza limpia: 10	Puntaje: 7,5	Total:	
	Dry: 7 Break: 5,5	Residual: 7	Intensity: 6,75	Level: 8,25	Balance: 7	Sweet: 10		Defectos:	0
Notas: dulce-frutos rojos- ligero fermento - aspero - CEREAL, seco , hongo								Final:	80

60

