



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE TITULACIÓN

**“DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA,  
MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE  
POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE  
COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del  
Título de Ingeniera Agroindustrial

**AUTORES:**

Chimborazo Aguaisa Erika Gissela

Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth

**TUTOR:**

Rivera Toapanta Evelyn Andrea. Ph.D

LA MANÁ – ECUADOR

AGOSTO - 2025

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chimborazo Aguaisa Erika Gissela, con cédula de ciudadanía No. 0504711565, Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth, con cédula de ciudadanía No. 0504141771 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)”**, siendo Ing. Evelyn Andrea Rivera Toapanta. PhD, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, julio 30 del 2025

Chimborazo Aguaisa Erika Gissela  
C.C: 0504711565

Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth  
C.C: 0504141771

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHIMBORAZO AGUAISA ERIKA GISSELA**, identificada con cédula de ciudadanía No, **0504711565** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de Enero del 2025

Tutor: Ing, Evelyn Andrea Rivera Toapanta, Ph.D

Tema: “**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la

Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 30 días del mes de Julio del 2025.



Chimborazo Aguaisa Erika Gissela

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PAZMIÑO YUGSI CARMEN DUBETH**, identificada con cédula de ciudadanía No, **0504141771** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2021 - Marzo 2021

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 11 de Enero del 2025

Tutor: Ing, Evelyn Andrea Rivera Toapanta. Ph.D

Tema: “**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad.

El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 30 días del mes de Julio del 2025.



Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth

**LA CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)”**, de Chimborazo Aguaisa Erika Gissela; Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth, de la carrera de Agroindustria, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, 30 de julio de 2025



Rivera Toapanta Evelyn Andrea. Ph.D  
C.C.: 1717656209  
**TUTORA**

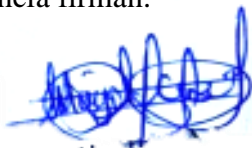
## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná, Carrera de Agroindustria; por cuanto, los postulantes: Chimborazo Aguaisa Erika Gissela; Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth, con el título del Proyecto de Investigación: **“DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, 30 de julio del 2025

Para constancia firman:



Ing. Casco Toapanta Marjorie Gissela M.Sc.  
C.C: 0502877525

**LECTOR 1 (PRESIDENTA)**



Ing. Carrera Borja Whashington Xavier M.Sc.  
C.C: 0502443625

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Gavilánez Buñay Tatiana Carolina M.Sc.  
C.C: 1600398190

**LECTOR 3 (SECRETARIA)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Expreso mi más sincero agradecimiento a mi tutora de tesis Andrea Rivera, cuya guía, paciencia y dedicación fueron fundamentales a lo largo de este proceso, impulsándome a superarme y fortaleciendo mi formación académica. Asimismo, extendo mi gratitud a los docentes que, con vocación y compromiso, compartieron sus conocimientos, dejando una huella valiosa en mi desarrollo personal y profesional. A la institución que me acogió durante estos años, gracias por brindarme no solo las herramientas académicas, sino también el espacio y las oportunidades. Todo este acompañamiento ha sido clave en la construcción de mi camino, y llevaré siempre con orgullo el nombre de esta casa de estudios.*

***Chimborazo Erika***

***Pazmiño Carmen***

## **DEDICATORIA**

*A mi madre “Yolanda” y a mi padre “César”, por ser mi mayor inspiración y por haberme brindado un apoyo incondicional a lo largo de mis estudios, acompañándome con esfuerzo, amor y dedicación en cada etapa de mi formación; a mis hermanos, por su compañía constante, su ánimo y por estar siempre presentes durante este proceso; y a mi querida amiga Carmen, por su amistad sincera, su apoyo emocional y sus palabras de aliento que fueron un verdadero sostén en los momentos más difíciles. A todos ustedes, gracias por ser parte fundamental de este logro.*

**Chimborazo Erika**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, Elsa y Miguel, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, sus sacrificios silenciosos y por apoyarme con entrega total durante todo mi camino académico. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por enseñarme el valor del esfuerzo y darme todo lo necesario para alcanzar mis metas. A mis hermanas, por su compañía constante, por brindarme alegría, palabras de aliento y por estar siempre presentes cuando más los necesitaba. Este logro no solo es mío, también es de ustedes, que fueron mi fuerza, mi refugio y mi mayor motivación para no rendirme.*

**Pazmiño Carmen**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## EXTENSIÓN LA MANA

**TITULO: “DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, MICROBIOLÓGICA, SENSORIAL Y CONTENIDO DE POLIFENOLES DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE COPRODUCTOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*)”**

**Autores**

**Chimborazo Aguaisa Erika Gissela  
Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth**

### RESUMEN

Este estudio tuvo como propósito desarrollar y caracterizar una bebida alcohólica fermentada a base de coproductos de café robusta (*Coffea canephora*). La materia prima se cosechó en el cantón Pangua, parroquia Moraspungo, y el trabajo experimental se realizó en el laboratorio de Química de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial  $A \times B$ , donde el factor A correspondió a los tipos de materia prima (cáscara, mucílago + semilla y cáscara + mucílago + semilla) y el factor B a los tipos de endulzantes (azúcar blanca, azúcar morena y panela), con tres repeticiones por tratamiento, obteniendo un total de 27 unidades experimentales. Se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y de contenido de polifenoles. Para los análisis fisicoquímicos durante la fermentación y la evaluación sensorial se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), considerando como factor A los tratamientos y como factor B el tiempo. Los resultados evidenciaron que el contenido alcohólico osciló entre 7,56 % y 7,93 %. El tratamiento T<sub>1</sub> (cáscara con azúcar blanca) presentó el mayor contenido de polifenoles (174,65 mg A.G./100 mL), mientras que los tratamientos T<sub>4</sub> (mucílago + semilla con azúcar blanca) y T<sub>5</sub> (mucílago + semilla con azúcar morena) obtuvieron la mejor aceptación sensorial (5,98; “agradable”). Se concluye que la bebida fermentada desarrollada presentó un perfil fisicoquímico y sensorial favorable e inocuo, además de constituir una alternativa sostenible con potencial para su incorporación como producto innovador en la industria alimentaria.

**Palabras clave:** *Coffea canephora*, fermentación, coproductos, polifenoles, sostenibilidad.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## LA MANA EXTENSION

### TITLE: “DEVELOPMENT AND PHYSICOCHEMICAL, MICROBIOLOGICAL, SENSORY CHARACTERIZATION AND POLYPHENOL CONTENT OF A FERMENTED BEVERAGE BASED ON ROBUSTA COFFEE (*Coffea canephora*) CO- PRODUCTS”

#### Authors

Chimborazo Aguaisa Erika Gissela  
Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to develop and characterize a fermented alcoholic beverage based on robusta coffee (*Coffea canephora*) co-products. The raw material was harvested in the Pangua canton, Moraspungo parish, and the experimental work was conducted in the Chemistry laboratory of the Technical University of Cotopaxi, located at La Maná Extension. A Completely Randomized Design (CRD) was applied with an  $A \times B$  factorial arrangement, where factor A corresponded to the types of raw material (husk, mucilage + seed and husk + mucilage + seed) and factor B to the kinds of sweeteners (white sugar, brown sugar and panela), with three replications per treatment, obtaining a total of 27 experimental units. Physicochemical, microbiological, sensory, and polyphenol content analyses were performed. For the physicochemical analyses during fermentation and sensory evaluation, a Completely Randomized Block Design (CRBD) was used, considering the treatments as factor A and time as factor B. The results showed that the alcohol content ranged between 7.56% and 7.93%. Treatment T1 (peel with white sugar) had the highest polyphenol content (174.65 mg FA/100 mL), while treatments T4 (mucilage + seed with white sugar) and T5 (mucilage + seed with brown sugar) obtained the best sensory acceptance (5.98; “pleasant”). It is concluded that the developed fermented beverage presented a favorable and safe physicochemical and sensory profile, in addition to constituting a sustainable alternative with the potential for incorporation as an innovative product in the food industry.

**Keywords:** *Coffea canephora*, fermentation, byproducts, polyphenols, sustainability.

## ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	x
RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	17
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	18
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	20
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	20
4.1. Beneficiarios Directos.....	20
4.2. Beneficiarios Indirectos .....	21
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	21
6. OBJETIVOS.....	22
6.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	1
8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1

8.1.	Generalidades del café .....	1
8.2.	Composición del fruto de café .....	2
8.2.1.	Fruto del café .....	2
8.2.2.	Partes del fruto de café .....	2
8.3.	Variedades del café .....	3
8.3.1.	Café robusto.....	3
8.3.2.	Café arábico.....	3
8.4.	Cosecha del café .....	3
8.5.	Coproductos de café.....	4
8.6.	Tipos de endulzantes.....	5
8.6.1.	Azúcar blanca .....	5
8.6.2.	Azúcar morena.....	5
8.6.3.	Panela.....	5
8.7.	Levaduras.....	5
8.7.1.	Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	6
8.8.	Fermentación alcohólica .....	6
8.9.	Bebida fermentada .....	6
8.9.1.	Vino .....	7

8.10.	Biorreactor.....	7
8.11.	Análisis fisicoquímicos .....	7
8.12.	Análisis microbiológicos.....	7
8.13.	Polifenoles.....	8
8.13.1.	Polifenoles en coproductos de café.....	8
9.	HIPÓTESIS.....	8
9.1.	Hipótesis alternativa (Ha) .....	8
9.2.	Hipótesis nula (Ho).....	9
10.	METODOLOGÍA.....	9
10.1.	Ubicación y duración del proyecto.....	9
10.2.	Tipo de investigación .....	9
10.2.1.	Investigación experimental .....	9
10.2.2.	Investigación descriptiva .....	10
10.3.	Diseño experimental.....	10
10.4.	Procedimiento.....	11
10.4.1.	Origen de materia prima .....	11
10.5.	Materiales y equipos.....	12
10.6.	Formulación de los tratamientos .....	12

10.6.1.	Azúcar añadida.....	13
10.6.2.	Levadura añadida ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) .....	14
10.7.	Proceso de elaboración de una bebida alcohólica fermentada de café.....	14
10.7.1.	Diagrama para la elaboración de la bebida fermentada a base de coproductos de café	17
10.8.	Análisis fisicoquímicos realizados en la materia prima .....	18
10.8.1.	Masa (g) .....	18
10.8.2.	Densidad (g/ml) .....	18
10.8.3.	Medición del pH .....	18
10.8.4.	°Brix.....	18
10.8.5.	Cálculo del rendimiento (%).....	19
10.8.6.	Humedad por estufa (%) .....	19
10.8.7.	Humedad por balanza (%) .....	20
10.8.8.	Medición del diámetro y longitud del grano (cm) .....	20
10.9.	Análisis fisicoquímicos durante el proceso de fermentación de la bebida.....	20
10.9.1.	°Brix.....	20
10.9.2.	Temperatura .....	21
10.9.3.	pH.....	21
10.9.4.	Contenido alcohólico .....	21

10.9.5.	Conductividad y Sólidos totales disueltos (TDS) .....	21
10.10.	Análisis fisicoquímicos de la post-fermentación de la bebida .....	22
10.10.1.	Polifenoles.....	22
10.10.2.	Acidez titulable .....	22
10.11.	Análisis microbiológicos de la bebida después de un mes de maduración .....	23
10.11.1.	Aerobios mesófilos .....	23
10.11.2.	<i>Escherichia coli</i> .....	23
10.11.3.	Mohos y levaduras .....	23
10.12.	Evaluación sensorial.....	24
10.12.1.	Perfiles sensoriales.....	24
10.12.2.	Evaluación grado de aceptabilidad .....	24
10.13.	Análisis estadístico.....	24
10.13.1.	Modelo lineal general (GLM).....	26
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
11.1.	Análisis fisicoquímicos de la materia prima .....	26
11.2.	Análisis fisicoquímicos durante la fermentación de la bebida.....	28
11.2.1.	Temperatura .....	29
11.2.2.	°Brix.....	30

11.2.3.	pH.....	30
11.2.4.	TDS.....	31
11.2.5.	Conductividad.....	31
11.2.6.	Alcohol.....	32
11.3.	Análisis fisicoquímicos día 0 de maduración (embotellado) .....	37
11.4.	Análisis fisicoquímicos post - fermentación .....	39
11.4.1.	Acidez titulable .....	40
11.4.2.	°Brix.....	41
11.4.3.	pH.....	42
11.4.4.	TDS.....	42
11.4.5.	Conductividad.....	43
11.4.6.	Alcohol.....	44
11.5.	Análisis polifenoles en la post-fermentación durante 0 y 30 días.....	48
11.6.	Microbiología.....	49
11.7.	Perfil sensorial.....	51
11.7.1.	Perfil de apariencia .....	51
11.8.	Evaluación sensorial.....	60
11.8.1.	Aceptabilidad .....	60

12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) .....	62
12.1.	Social.....	62
12.2.	Ambiental.....	62
12.3.	Técnico.....	62
12.4.	Económico.....	62
13.	PRESUPUESTO.....	62
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	64
14.1.	Conclusiones .....	64
14.2.	Recomendaciones.....	65
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas .....	1
Tabla 2. Escala de Pantone para la selección del grano. ....	4
Tabla 3. Diseño experimental de la investigación.....	11
Tabla 4. Materia prima, materiales y equipo para la elaboración de bebida fermentada .....	12
Tabla 5. Formulación del mosto para cada tratamiento.....	13
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de la materia prima (grano cereza y grano maduro de café) (promedio $\pm$ error estándar) y sus diferencias entre estado de madurez. ....	27
Tabla 7. Resultados del modelo lineal general (GLM), durante la fermentación de la bebida .....	29
Tabla 8. Análisis fisicoquímicos durante la fermentación de la bebida a base de coproductos (LSM $\pm$ error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo .....	34
Tabla 9. Análisis fisicoquímicos durante la fermentación de la bebida a base de coproductos (LSM $\pm$ error estándar) de los tratamientos en función del tiempo .....	35
Tabla 10. Análisis fisicoquímicos de la bebida en el día cero de maduración.....	38
Tabla 11. Resultados del modelo lineal general (GLM), después de la fermentación de la bebida a base de coproductos de café .....	40
Tabla 12. Análisis fisicoquímicos post- fermentación de la bebida fermentada (LSM $\pm$ error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo .....	45

Tabla 13. Análisis fisicoquímicos post- fermentación de la bebida fermentada a base de coproductos de café (LSM $\pm$ error estándar) de los tratamientos en función del tiempo .....	46
Tabla 14. Determinación de polifenoles en la bebida fermentada (LSM $\pm$ error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo .....	49
Tabla 15. Determinación de polifenoles en la bebida fermentada (LSM $\pm$ error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo .....	49
Tabla 16. Análisis microbiológicos de la bebida después de un mes de maduración .....	50
Tabla 17. Resultados de modelo lineal general (GLM), de la apariencia de la bebida fermentada .....	52
Tabla 18. Resultados del perfil de apariencia de la bebida fermentada .....	54
Tabla 19. Resultados de modelo lineal general (GLM), perfil de olor en la bebida fermentada ..	55
Tabla 20. Resultados del perfil de Olor de la bebida fermentada.....	57
Tabla 21 . Resultados de modelo lineal general (GLM) perfil de sabor .....	59
Tabla 22. Resultados del perfil Sabor.....	60
Tabla 23. Puntuaciones de aceptabilidad en la bebida fermentada (LMS $\pm$ error estándar) y sus diferencias por tratamiento .....	61
Tabla 24. Presupuesto de la investigación.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía del grano del café. ....	2
Figura 2. Ubicación geográfica del recinto Luz de Pangua.....	11
Figura 3. Proceso de la bebida fermentada a base de coproductos de café. ....	17
Figura 4. Interacción del comportamiento de la conductividad de los tratamientos en el tiempo de fermentación.....	36
Figura 5. Interacción del comportamiento del alcohol de los tratamientos en el tiempo de fermentación.....	36
Figura 6. Interacción de los análisis del comportamiento de °Brix de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación .....	47
Figura 7. Interacción de los análisis del comportamiento de TDS de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación .....	47

## ÍNDICE DE ANEXO

- ANEXO 1. INFORMES MENSUALES DE TUTORÍAS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN  
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 2. INFORME FINAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .**¡Error!  
Marcador no definido.**
- ANEXO 3. INSCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA O PLAN DEL PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 4. OFICIO DE SELECCIÓN DE TUTOR DE TITULACIÓN;**¡Error! Marcador no  
definido.**
- ANEXO 5. REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN POR PARTE  
DEL TUTOR ASIGNADO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 6. SOLICITUD PARA LA DESIGNACIÓN DEL TRIBUNAL DE LECTORES Y  
FECHA PARA LA SUSTENTACIÓN ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 7. FORMULARIO PARA CORRECCIONES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN POR  
EL TRIBUNAL DE LECTORES..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 8. PLAN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 9. AVAL DE TRADUCCIÓN..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 10. INFORME DE SIMILITUD ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- ANEXO 11 EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN DEL PROYECTO  
..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Anexo 12. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL;**¡Error! Marcador no definido.**

ANEXO 13. NORMATIVA..... **¡Error! Marcador no definido.**

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### **Título del proyecto**

“Desarrollo y caracterización fisicoquímica, microbiológica, sensorial y contenido de polifenoles de una bebida fermentada a base de coproductos de café robusta (*Coffea canephora*)”

**Fecha de inicio:** Abril 2025

**Fecha de finalización:** Agosto 2025

**Lugar de ejecución:** Laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Extensión – La Maná

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Agroindustrial

**Proyecto de investigación:** “Innovación, salud y sostenibilidad en la industria alimenticia: Desarrollo de Alimentos Funcionales con materias primas y coproductos autóctonos y exóticos de la provincia de Cotopaxi”

**Equipo de trabajo:** Chimborazo Aguaisa Erika Gissela

Pazmiño Yugsi Carmen Dubeth

Rivera Toapanta Evelyn Andrea Tutora del proyecto Ph.D

**Área de conocimiento:** Ingeniería, industria y construcción

**Línea de investigación:** Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria

**Sublínea de investigación:** Biotecnología agroindustrial y fermentativa

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El crecimiento de la agroindustria moderna ha puesto en evidencia la necesidad de revalorizar los subproductos agrícolas que, durante décadas, han sido desechados sin considerar su potencial. Tal es el caso de la cáscara y mucilago del café robusta (*Coffea canephora*), elementos comúnmente ignorados durante el proceso de beneficio del grano. En Ecuador, país con fuerte tradición cafetalera, estos residuos se generan en grandes volúmenes y representan no solo un desafío ambiental, sino también una oportunidad para innovar en el desarrollo de productos alternativos con valor agregado (Iriondo et al., 2019).

La tendencia global hacia el consumo responsable y la búsqueda de alimentos funcionales ha motivado la exploración de materias primas no convencionales en la elaboración de bebidas fermentadas. En este contexto, los coproductos del café se perfilan como una fuente rica en compuestos bioactivos, capaces de aportar características sensoriales únicas y beneficios nutricionales relevantes. A pesar de esto, su utilización en procesos fermentativos sigue siendo incipiente, debido principalmente al desconocimiento de sus propiedades y a la falta de estudios técnicos que respalden su viabilidad en productos de consumo humano (Lestari et al., 2022)

Frente a este panorama, surge la necesidad de diseñar una bebida fermentada que aproveche integralmente los residuos del café, transformándolos en un producto innovador, atractivo para el consumidor y respetuoso con el medio ambiente. Esta propuesta se alinea con los principios del desarrollo sostenible y responde al compromiso de las comunidades cafetaleras de agregar valor a su producción mediante prácticas responsables (Le et al., 2024).

El presente trabajo busca no solo desarrollar una bebida alcohólica fermentada a base de estos coproductos, sino también caracterizarla desde un enfoque integral que abarca los aspectos fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y funcionales, con énfasis en el contenido de polifenoles. Al hacerlo, se espera aportar conocimiento científico útil para futuras investigaciones y promover el aprovechamiento industrial de los subproductos del café, contribuyendo así al fortalecimiento del sector agroindustrial ecuatoriano.



### **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En la actualidad, la búsqueda de alternativas sostenibles dentro del sector agroindustrial se ha convertido en una prioridad, especialmente en países productores de café como Ecuador, donde el aprovechamiento integral de los recursos aún representa un desafío. La cáscara de café, considerada durante años como un residuo sin valor, ha demostrado poseer propiedades funcionales interesantes, como la presencia de compuestos fenólicos, azúcares fermentables y ácidos orgánicos (Córdoba & Hernández, 2021). Estos componentes abren la posibilidad de transformarla en una materia prima útil para la elaboración de productos innovadores, como bebidas fermentadas con valor nutricional y sensorial (Vinocunga & Jiménez, 2025).

En cuanto a la ODS 12, (2022) la elaboración de una bebida alcohólica a partir de este subproducto no solo permitiría reducir la carga ambiental asociada al desperdicio del café, sino que también impulsaría la creación de nuevas oportunidades en la agroindustria local, generando valor agregado y fomentando el desarrollo económico de las zonas cafetaleras. Además, respondería a una tendencia creciente del consumidor actual: el interés por productos naturales, funcionales y elaborados de manera responsable.

A pesar de su potencial, son escasos los estudios que han explorado el uso de la cáscara de café como ingrediente base en fermentaciones alcohólicas. Este proyecto se justifica no solo por su contribución a la sostenibilidad ambiental y económica, sino también por el valor científico que representa al generar información novedosa sobre la caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial de esta bebida. De esta manera, puede sentar las bases para futuras investigaciones y aplicaciones comerciales en la industria alimentaria.

### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Beneficiarios Directos**

Los beneficiarios directos fueron aproximadamente 125 estudiantes de la carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, junto con 6 docentes (4 mujeres y 2 hombres) vinculados al área de investigación y desarrollo de alimentos. A través de este proyecto, lograron fortalecer sus conocimientos en fermentación, análisis fisicoquímico y revalorización de

residuos agroindustriales, aplicando estos aprendizajes en el desarrollo de una bebida fermentada a base de coproductos de café robusta (*Coffea canephora*).

#### **4.2. Beneficiarios Indirectos**

Se identifican como beneficiarios indirectos a 35 pequeños productores de café de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua (20 hombres y 15 mujeres), quienes cultivan café robusto en fincas de bajo rendimiento y enfrentan precios inestables y poco valorados en el mercado. Esta situación limita sus ingresos y reduce el incentivo para innovar. La investigación aporta una alternativa viable para transformar residuos como la cáscara, semilla y mucílago de café en productos con valor agregado, lo que podría representar una fuente complementaria de ingresos. Además, el proyecto puede beneficiar de forma secundaria a sus familias y a actores locales interesados en emprendimientos rurales sostenibles basados en el uso integral del café.

### **5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

A nivel global, la producción de café supera los 10 millones de toneladas anuales, cultivadas en más de 11 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de una tonelada por hectárea (FAO, 2020). El cultivo del café constituye una actividad agrícola de gran relevancia económica para el Ecuador. En 2023, se alcanzó una producción de 6.227 toneladas, lo que refleja su importancia dentro del sector agroindustrial (Jadán, Belduma & Elizalde, 2024). No obstante, un reto considerable en su cadena de valor es el bajo aprovechamiento del fruto: apenas el 9,5 % de su peso seco es utilizado, mientras que el 90,5 % restante se desecha como residuo. Durante el despulpado y lavado, se generan coproductos como la cáscara y el mucílago, que corresponden aproximadamente al 30,81 % y 17,38 % del peso fresco, respectivamente (ONU, 2021)

En América Latina, y particularmente en países como Ecuador, la caficultura continúa siendo una actividad económica clave para muchas zonas rurales. Sin embargo, gran parte de los subproductos generados en el procesamiento del café robusta (*Coffea canephora*), como la cáscara, son desechados sin un tratamiento adecuado. Esta acumulación no solo agrava los problemas de gestión ambiental, sino que también refleja una pérdida de recursos con potencial agroindustrial (Komaria et al., 2020). Evidencian que la cáscara de café contiene compuestos bioactivos valiosos como

polifenoles, azúcares fermentables y ácidos orgánicos que podrían ser utilizados para el desarrollo de alimentos y bebidas fermentadas (Córdoba & Hernandez, 2021).

A escala local, en zonas cafetaleras como Moraspungo, la falta de conocimiento técnico y el escaso acceso a procesos de innovación limitan las posibilidades de transformación de estos residuos en productos de valor agregado. Esto ocurre en un contexto donde los productores enfrentan precios bajos por su café y pocas oportunidades de diversificación económica. Paralelamente, el mercado muestra una tendencia creciente hacia el consumo de productos naturales, sostenibles y con identidad local, dentro de los cuales las bebidas fermentadas artesanales están ganando espacio gracias a sus características nutricionales, funcionales y sensoriales (Guaman & Montalvo, 2024).

Por ello, el presente estudio busca dar respuesta a esta necesidad, mediante el diseño y evaluación integral de una bebida fermentada a base de cáscara y otros coproductos del café robusta, generando así conocimiento aplicable, con impacto ambiental, económico y académico

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos, sensorial y contenido de polifenoles de la bebida fermentada a base de coproductos de café robusta (*Coffea canephora*).

### **6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de la materia prima.
- Desarrollar formulaciones de las bebidas fermentadas a base de coproductos del café con endulzantes.
- Analizar las propiedades fisicoquímicas durante el período de fermentación de las bebidas.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y el contenido de polifenoles al inicio y al final de la maduración de la bebida.
- Evaluar la calidad microbiológica y aceptabilidad sensorial de la bebida, al final de la maduración.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1.** Actividades y sistemas de tareas

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	VERIFICACIÓN
<p>Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de la materia prima.</p> <p>Desarrollar formulaciones de las bebidas fermentadas a base de coproductos del café con endulzantes.</p> <p>Analizar las propiedades fisicoquímicas durante el período de fermentación de las bebidas</p> <p>Determinar las propiedades fisicoquímicas y el contenido de polifenoles al inicio y al final de la maduración de la bebida.</p> <p>Evaluar la calidad microbiológica y aceptabilidad sensorial de la bebida, al final de la maduración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recolección de la materia prima</li> <li>• Análisis fisicoquímicos</li>   <li>• Preparación del mosto con coproductos de café</li> <li>• Adición de endulzantes.</li>   <li>• Medición de cada parámetro fisicoquímico</li>   <li>• Análisis fisicoquímicos y determinación de polifenoles, método (Folin-Ciocalteu).</li> <li>• Recuento microbiológico (aerobios mesófilos, mohos y levaduras, <i>E. coli</i>).</li> <li>• Evaluación sensorial con la escala hedónica (1-9)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información de la materia prima.</li>   <li>• Tratamientos con distintas combinaciones de coproductos y endulzantes.</li>   <li>• Registro del proceso fermentativo.</li>   <li>• Comportamiento de variables fisicoquímicas por tratamiento.</li> <li>• Concentración de polifenoles por tratamiento.</li>   <li>• Valores microbiológicos dentro del límite permitido.</li> <li>• Tratamiento con mayor aceptación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tablas de resultados.</li>   <li>• Fotografía</li> <li>• Formulación.</li>   <li>• Tablas de resultados.</li> <li>• Fotografías</li>   <li>• Tablas de resultados.</li> <li>• Fotografías.</li>   <li>• Hojas de evaluación sensorial.</li> <li>• NTE INEN 1925</li> </ul>

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño

## 8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 8.1. Generalidades del café

El café es originario de África, como parte del grupo botánico es formado por más de 100 especies de la familia que pertenece al género *Coffea*. De este grupo de variedades, dos se cultivan de forma comercial, *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (Hoppe, 2021).

El café en Ecuador representa un cultivo de gran importancia histórica, económica y cultural. En la actualidad la participación en el mundo de las exportaciones ha disminuido frente a otros productos, sin duda sigue siendo clave en zonas rurales, principalmente para pequeños productores. Además, Ecuador es uno de los pocos países del mundo que cultiva dos variedades de café tanto *Coffea arábica* como *Coffea canephora* (robusta), debido a su diversidad de pisos climáticos y altitudes permitiendo la adaptación de las variedades y la competencia de la producción tanto en el mercado nacional como internacional (Sanchez & Robles, 2021).

Las zonas cafetaleras ecuatorianas se amplían por la Costa principalmente en Manabí y Esmeraldas, la Sierra en Loja, Imbabura y Pichincha y en la Amazonía (Zamora Chinchipe), prometiéndole una gran diversidad de perfiles sensoriales. En específico, Loja ha recibido reconocimientos por la calidad de sus cafés especiales. En estas regiones se utilizan prácticas agroecológicas y modelos de economía familiar campesina, lo que fortalece la sostenibilidad del cultivo (Venegas et al., 2020).

Según Toapanta et al., (2023) en los últimos años el sector cafetalero ha sido figura de estudios técnicos con el fin de mejorar la productividad y sostenibilidad, para la aplicación mixta de fertilización orgánica e inorgánica. Esto ha sido especialmente útil en zonas de clima subtropical donde se cultiva *Coffea canephora*, impulsando prácticas agrícolas apropiadas al cambio climático.

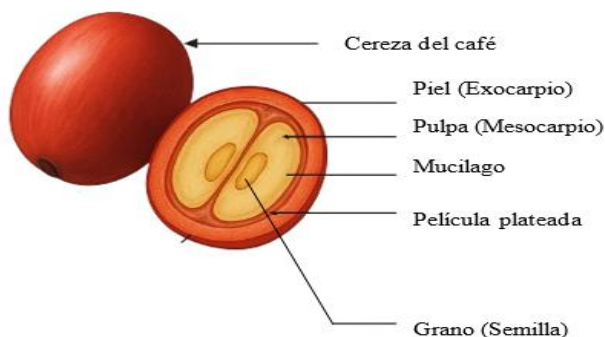
## 8.2. Composición del fruto de café

### 8.2.1. Fruto del café

El fruto de café también conocido como la cereza, se caracteriza por su forma redondeada y su color que varía desde un verde claro cuando esta inmadura hasta un rojo brillante cuando está completamente madura (Pedraza et al., 2020).

### 8.2.2. Partes del fruto de café

- **Exocarpio:** es la capa exterior del fruto, que es lisa y de color verde cuando la cereza esta inmadura. Se vuelve roja, amarilla o naranja al madurar dependiendo de la variedad (Sanchez & Robles, 2021).
- **Mesocarpio:** una capa delgada y jugosa debajo del exocarpio, comúnmente llamada pulpa (Tellez, 2020).
- **Endocarpio:** también conocido como pergamino, es una capa dura que envuelve la semilla
- **Semilla:** es la que se procesa y tuesta para hacer el café. Generalmente hay dos semillas en cada cereza, conocidas como grano de café (Luise, 2022).
- **Plata o película plateada:** es una fina capa que recubre la semilla y a menudo se adhiere a los granos incluso después del tueste (Komaria et al., 2021).
- **Mucílago:** es la sustancia pegajosa que cubre las semillas y se encuentra entre la pulpa y el pergamino (Pedraza et al., 2020), ver Figura 1



**Figura 1.** Anatomía del grano del café.  
Fuente: (Martínez & Jaramillo, 2023)

### **8.3. Variedades del café**

#### **8.3.1. Café robusto**

El café robusto (*Coffea canephora*) es una especie de café conocida por su sabor amargo, fuerte con mayor contenido de cafeína (2.2 a 2.7 %) que el Arábica. Sus granos son pequeños, redondeados y de color marrón claro (Anacafé, 2021).

El café robusto (*Coffea canephora*) es una especie que aporta aproximadamente entre el 35 y 40 % de la producción mundial de café, con cultivos predominantes en países como Brasil, Vietnam, Indonesia y varias regiones de África. Destaca por su notable resistencia a enfermedades, su adaptabilidad a climas cálidos y húmedos. Este tipo de café se cultiva principalmente en zonas de menor altitud y se propaga tanto por semillas como mediante clonación, siendo este último método preferido para garantizar la uniformidad genética y mejorar la productividad (Gava et al., 2021).





#### **8.3.2. Café arábico**

El café arábico (*Coffea arabica*) es una de las variedades de café más cultivadas y valorada a nivel mundial por su alta calidad de sabor, aroma suave y bajo contenido de cafeína. El café arábico necesita climas templados entre temperatura de 15 y 24 °C, las plantas de esta especie son más vulnerables a enfermedades como la roya, por lo tanto, necesita mayor cuidado en el cultivo (Velásquez, 2020).

### **8.4. Cosecha del café**

La calidad de la taza de café se relaciona con el grado de maduración del fruto y esta a su vez está asociado con el color del epicarpio, parte externa visible de la pulpa o cáscara Tabla 2. Escala de Pantone para la selección del grano. La maduración organoléptica es la etapa en la cual muchos productos hortofrutícolas alcanzan las características de color, textura, aroma y sabor que esperan los consumidores. Dando lugar a diferentes transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas que determinan su calidad y vida útil (Carvajal & Aristizábal, 2011).

**Tabla 2.** Escala de Pantone para la selección del grano.

<b>Estado</b>	<b>Edad del Fruto (ddf)</b>	<b>Escala de color visual</b>
 <b>Verde-Amarillo</b>	203	Coloración verde con tonalidades amarillas
 <b>Pintón</b>	210	Coloreado predominantemente. Alguna tonalidad de verde cerca al pedúnculo
 <b>Maduro</b>	217	Color rojo brillante a rojo opaco (cosecha)
 <b>Sobremaduro</b>	224	Color morado brillante a morado oscuro opaco

**Donde:** ddf: día despues de la floración  
Fuente: (Carvajal & Aristizábal, 2011)

## 8.5.Coproductos de café

Los coproductos son materiales secundarios que se generan junto al producto principal dentro de un proceso industrial, agrícola o agroalimentario. A diferencia de los residuos o desechos, los coproductos conservan un valor potencial, ya sea nutricional, funcional, energético o comercial, por lo que pueden ser aprovechados en nuevos procesos productivos (FAO, 2019).

En el contexto agroindustrial, los coproductos suelen surgir durante la transformación de materias primas vegetales o animales, y pueden incluir restos de cosecha, subproductos del procesamiento (como pulpas, cáscaras, semillas, bagazo), entre otros. Su revalorización forma parte de estrategias de economía circular y sostenibilidad, al reducir el impacto ambiental y generar productos de valor agregado (Vinocunga & Jiménez, 2025).

## **8.6. Tipos de endulzantes**

### **8.6.1. Azúcar blanca**

La azúcar blanca es un tipo de azúcar refinada que se obtiene de la caña de azúcar. Se caracteriza por ser un carbohidrato simple y se somete a un proceso de purificación en el que se eliminan las impurezas y se obtiene una sustancia blanca y cristalina. Además, es muy utilizada en la repostería y en la preparación de bebidas y alimentos (Ortiz, 2021).

### **8.6.2. Azúcar morena**

La azúcar morena es un edulcorante que se caracteriza por su contenido de melaza, lo cual le confiere su distintivo color marrón y un sabor más intenso, con matices ligeramente caramelizados, en comparación con la azúcar blanca refinada. A diferencia de esta última, la azúcar morena tiene un mayor contenido de humedad debido a la presencia de melaza, lo que también influye en su textura más suave y su tendencia a apelmazarse si no se almacena adecuadamente. Desde un punto de vista nutricional, la azúcar morena contiene trazas mínimas de minerales como calcio, potasio, hierro y magnesio debido a la melaza, aunque en cantidades insignificantes para considerar un alimento nutritivo (Ortiz, 2021).

### **8.6.3. Panela**

La panela es un endulzante natural de alto valor nutritivo elaborado a partir de la evaporación del jugo de caña de azúcar, sin someterse a procesos de centrifugación ni a la adición de químicos. Este producto, originario de América Central y el Caribe, comenzó a popularizarse a partir de 1538 (Montero, 2022). Como lo establece la FAO, (2023), la panela se clasifica como “azúcar no centrifugada” debido a que conserva sus componentes naturales, como azúcares (sacarosa, fructosa y glucosa) y minerales esenciales.

## **8.7. Levaduras**

Las levaduras son hongos unicelulares, se reproducen de manera asexual por gemación generalmente sus células tienen una forma ovalada, sin embargo, algunas pueden ser esféricas,

cilíndricas o elípticas. Alcanzando un diámetro de 4-5  $\mu\text{m}$ . Además, las levaduras se caracterizan por tener proteína, glicoproteínas, polisacáridos, lípidos y ácidos nucleicos. Además, la levadura son microorganismos que son necesarios durante la fermentación alcohólica, pertenecientes del género *Saccharomyces* que liberan enzimas que intervienen como catalizadores sobre los azúcares del mosto, para producir alcohol etílico y dióxido de carbono (NTN 03 008-13, 2013).

### **8.7.1. Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)**

*Saccharomyces cerevisiae* es una especie de levadura ampliamente utilizada en procesos de fermentación anaeróbica debido a su capacidad para producir enzimas como la  $\alpha$ -galactosidasa, que facilita la conversión de azúcares en etanol y dióxido de carbono. Por lo tanto, la FAO, (2023) define *Saccharomyces cerevisiae* como un microorganismo, comúnmente conocido como levadura de cerveza, desempeña un papel fundamental en la producción de diversas bebidas fermentadas, incluyendo cerveza, vino, licores, vino de arroz y vinos de frutas. Su versatilidad y eficiencia lo convierten en un componente esencial en la industria de la fermentación alcohólica.

### **8.8.Fermentación alcohólica**

“Proceso bioquímico anaerobio en el cual las enzimas de las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*), catalizan la transformación de los azúcares en alcohol etílico y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )” (NTN 03 008-13, 2013).

### **8.9.Bebida fermentada**

Las bebidas fermentadas han formado parte de la alimentación humana desde tiempos ancestrales desempeñando un papel fundamental en diversas culturas alrededor del mundo Mota et al., (2018). A través del proceso de fermentación, los microorganismos transforman los azúcares y otros compuestos presentes en la materia prima en productos secundarios como alcohol, ácidos orgánicos y dióxido de carbono. Este proceso no solo modifica las características sensoriales, sino que también mejora la conservación y el valor nutricional de las bebidas (Dhiman et al., 2025).

La preparación de una bebida alcohólica fermentada, se pueden emplear diversas frutas, lo cual permite obtener una amplia variedad de productos con características únicas tanto en su

composición química como en sus propiedades sensoriales. Aunque tradicionalmente las uvas y las manzanas han sido las frutas más utilizadas para la producción de bebidas fermentadas alcohólicas debido a su papel fundamental en la elaboración de vino y sidra respectivamente (Luise, 2022).

### **8.9.1. Vino**

De acuerdo con lo establecido en la ley N° 7.678, (1988) el término “vino” se reserva exclusivamente para la bebida obtenida mediante la fermentación alcohólica de uvas frescas, sanas y maduras. En este sentido, las bebidas fermentadas elaboradas a partir de otras frutas o materias primas deben denominarse “fermentado de”, seguido del nombre del ingrediente principal, siempre que presenten un contenido alcohólico comprendido entre el 4 % y 14 % v/v a 20 °C. En el marco de nuestra investigación, se desarrolló una bebida alcohólica fermentada a base de coproductos de café maduros (*Coffea canephora*), por lo que, en cumplimiento con dicha normativa, esta debe ser clasificada como un “fermentado de café”.

### **8.10. Biorreactor**

Un biorreactor también conocido como recipiente de fermentación, que cuenta con un sistema utilizado para cultivar y producir organismo en un ambiente controlado (Regonesi, 2023).

### **8.11. Análisis fisicoquímicos**

El análisis fisicoquímico se define como el conjunto de pruebas de laboratorio que se realizan para determinar las propiedades físicas y químicas de una sustancia, material o producto. Estas propiedades incluyen, pero no se limitan a la composición, la concentración de sus componentes como la densidad, el pH, la acidez, conductividad, el color, la viscosidad y la presencia de ciertos compuestos específicos (Martínez, 2011).

### **8.12. Análisis microbiológicos**

El análisis microbiológico se puede aplicar a vinos, mostos, mistelas, bebidas fermentadas y cualquier otro producto similar, aun cuando hayan variado por actividad bacteriana. Estos métodos

también se adaptan al análisis de preparaciones industriales de microorganismos seleccionados, levaduras secas activas (LSA) y bacterias lácticas (Castellucci, 2010).

### **8.13. Polifenoles**

Los polifenoles son compuestos bioactivos de origen vegetal caracterizados por la presencia de múltiples grupos fenólicos en su estructura química. Actúan como antioxidantes naturales y están ampliamente distribuidos en frutas, verduras, cereales integrales, té, café, vino tinto y aceites vegetales. Los polifenoles contribuyen a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles como enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer, gracias a su capacidad de neutralizar radicales libres, modular la inflamación y mejorar la función endotelial (Bolat et al., 2024).

#### **8.13.1. Polifenoles en coproductos de café**

En esta línea, los coproductos del café como la pulpa, el mucílago y la cáscara, tradicionalmente considerados residuos agroindustriales, han demostrado ser una fuente rica en compuestos fenólicos con potencial funcional. Estudios recientes han reportado concentraciones elevadas de polifenoles en estos subproductos. Por ejemplo, Geremu et al., (2016) identificaron niveles de hasta 1809,9 mg GAE/g en extractos metanólicos de pulpa de café Cruzalegui et al., (2021) encontraron que el mucílago puede alcanzar aproximadamente 554 mg GAE/g, cifras que evidencian su potencial como materia prima en el desarrollo de productos alimenticios funcionales. Asimismo, Król et al., (2020) observaron que la cáscara de café contiene concentraciones superiores a 50 mg GAE/g, dependiendo del método de extracción y del tipo de café utilizado.

## **9. HIPÓTESIS**

### **9.1. Hipótesis alternativa (Ha)**

La combinación de diferentes coproductos de café (cáscara), (mucilago +semilla) y (cáscara + mucilago+ semillas) con distintos tipos de endulzantes (azúcar blanca, azúcar morena y panela) afecta significativamente las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales y el contenido de polifenoles de la bebida fermentada.

## **9.2. Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**

La combinación de diferentes coproductos de café (cáscara), (mucilago + semilla) y (cáscara + mucilago + semilla), con distintos tipos de endulzantes (azúcar blanca, azúcar morena y panela) no afecta significativamente las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales ni el contenido de polifenoles de la bebida fermentada.

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Ubicación y duración del proyecto**

El trabajo experimental se desarrolló en dos etapas. La primera se efectuó a nivel de campo y comprendió la cosecha de la materia prima de café robusta, actividad que tuvo lugar en las plantaciones cafetaleras ubicadas en la parroquia Moraspungo, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi. La segunda etapa correspondió al proceso de elaboración y fermentación de la bebida, el cual se realizó de manera artesanal. Durante la fermentación se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos con el fin de evaluar la evolución del proceso, y una vez obtenido el producto final, se realizaron nuevamente los análisis fisicoquímicos, junto con los análisis microbiológicos, de contenido de polifenoles y sensoriales. Estas actividades se desarrollaron en los laboratorios de Química y Microbiología de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión El proyecto tuvo una duración total de cuatro meses, comprendidos entre abril y junio de 2025, abarcando todas las fases desde la cosecha de la materia prima hasta el análisis y sistematización de los resultados.

### **10.2. Tipo de investigación**

#### **10.2.1. Investigación experimental**

Este tipo de investigación se basa en la intervención directa sobre una o más variables para observar los efectos que generan, con el propósito de determinar las causas de los fenómenos que presentan en el proyecto.

Este estudio experimental implica la elaboración controlada de una bebida fermentada utilizando coproductos de café robusta. Durante el proceso, se manipulan variables como: tiempo y temperatura de fermentación, microorganismos involucrados (levadura) y proporciones de ingredientes. Con la finalidad de observar y medir los efectos de dichas variables sobre las características finales del producto.

### **10.2.2. Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva permite observar, registrar y analizar condiciones existentes que se presentan en el proyecto. Además, provee información útil sobre posibles relaciones entre variables, contribuyendo a explicar lo que ocurre en el proyecto.

El estudio en forma descriptiva busca caracterizar detalladamente el producto fermentado en diferentes aspectos como fisicoquímicos (°Brix, pH, acidez, etc.), microbiológicos (mohos, levaduras, aerobios mesófilos, *E.coli*) y sensorial con jueces entrenados y consumidores.

### **10.3. Diseño experimental**

Para el desarrollo de la bebida alcohólica fermentada a partir de coproductos del café, se empleó un diseño Diseño Completo al Azar (DCA) y Bloques Completos al Azar (DBCA) con un arreglo factorial 3×3, correspondiente a dos factores con tres niveles cada uno. Los factores evaluados fueron:

Factor A: Tipo de materia prima (3 niveles): cáscara de café, semilla de café y fruto completo de café.

Factor B: Tipo de endulzante (3 niveles): azúcar blanca, azúcar morena y panela.

Cada combinación factorial conformó un tratamiento, para un total de nueve tratamientos. Cada tratamiento fue elaborado con tres réplicas, sumando un total de 27 unidades experimentales. Las unidades experimentales consistieron en formulaciones individuales de la bebida fermentada, desarrolladas bajo condiciones controladas de laboratorio.

Los tratamientos se distribuyeron de la siguiente forma:

**Tabla 3.** Diseño experimental de la investigación.

FACTORES EN ESTUDIO			
Materia prima (A)	Endulzantes (B)		
A1 Cáscara	B1	Azúcar blanca	T <sub>1</sub>
	B2	Azúcar morena	T <sub>2</sub>
	B3	Panela	T <sub>3</sub>
A2 Mucílago + semilla	B1	Azúcar blanca	T <sub>4</sub>
	B2	Azúcar morena	T <sub>5</sub>
	B3	Panela	T <sub>6</sub>
A3 Cáscara + mucílago + semilla	B1	Azúcar blanca	T <sub>7</sub>
	B2	Azúcar morena	T <sub>8</sub>
	B3	Panela	T <sub>9</sub>

Donde: T: tratamientos (T<sub>1</sub>–T<sub>9</sub>); T<sub>1</sub>: (cáscara con azúcar blanca); T<sub>2</sub>: (cáscara con azúcar morena); T<sub>3</sub>: (cáscara con panela); T<sub>4</sub>: (mucilago + semilla con azúcar blanca), T<sub>5</sub>: (mucilago + semilla con azúcar morena); T<sub>6</sub>: (mucilago + semilla con panela); T<sub>7</sub>: (cáscara + mucílago+semilla con azúcar blanca); T<sub>8</sub>: (cáscara + mucílago+semilla con azúcar morena); T<sub>9</sub>: (cáscara + mucílago+semilla con panela)

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

## 10.4. Procedimiento

### 10.4.1. Origen de materia prima

Se realizó la cosecha del café robusta (*Coffea canephora*), se obtuvieron de la finca (Valentina) propiedad del Sr. Cesar Chimborazo, ubicada en la provincia Cotopaxi, parroquia Moraspungo, recinto Luz de Pangua.



**Figura 2.** Ubicación geográfica del recinto Luz de Pangua.

Fuente: (Google Maps, 2025)

## 10.5. Materiales y equipos

En la siguiente tabla se describen los materiales y equipos para la preparación de la bebida fermentada a base de coproductos de café.

**Tabla 4.** Materia prima, materiales y equipo para la elaboración de bebida fermentada

<b>Materia prima</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipo</b>
Cereza café	Baldes con llave de 4 L	Cocina industrial
Agua potable	Ollas	Balanza
Panela	Recipientes de plástico de 2 L	Molino manual
Azúcar blanca	Jarras plásticas con medidas	Termómetro
Azúcar morena	Mangueras	Refractómetro
	Botellas de plástico	Bomba de succión
	Papel filtro	Refrigerador
	Embudo	Multiparámetro
	Botellas de vidrio para envasado	

**Elaborado por:** Chimborazo & Pazmiño (2025)

## 10.6. Formulación de los tratamientos

Se utilizaron 27 biorreactores artesanales elaborados con envases plásticos de 4 litros de capacidad, equipados con llaves de drenaje en su parte inferior. Cada biorreactor fue sellado herméticamente para evitar el ingreso de oxígeno y conectado a una trampa de agua artesanal, compuesta por un tubo flexible sumergido en un recipiente con agua lo que permitió la salida del CO<sub>2</sub> generado durante la fermentación, evitando así el aumento de presión interna y garantizando un ambiente anaeróbico controlado (Reyes et al., 2024).

Para la elaboración de la bebida fermentada se utilizaron coproductos del café robusta (*Coffea canephora*), obtenidos durante el proceso de despulpado del fruto maduro. Los coproductos empleados fueron:

**Cáscara:** compuesta por el exocarpio y mesocarpio externos, separada manualmente tras el despulpado.

**Mucílago + semilla:** debido a la dificultad técnica para aislar el mucílago de forma independiente, se trabajó con la semilla cubierta por esta sustancia viscosa, típica del mesocarpio interno.

**Fruto completo (cáscara + mucílago + semilla):** utilizado sin despulpar, como un coproducto íntegro del procesamiento.

**Tabla 5.** Formulación del mosto para cada tratamiento

T	Materia prima	Código	Cantidad (g)	Agua (L)	Endulzante (g)	Tipo de endulzante	Levadura (g)
T <sub>1</sub>	Cáscara	CB	500	2	597,4	Azúcar blanca	0,6
T <sub>2</sub>	Cáscara	CM	500	2	597,4	Azúcar morena	0,6
T <sub>3</sub>	Cáscara	CP	500	2	597,4	Panela	0,6
T <sub>4</sub>	Mucílago+semilla	MB	500	2	597,4	Azúcar blanca	0,6
T <sub>5</sub>	Mucílago+semilla	MM	500	2	597,4	Azúcar morena	0,6
T <sub>6</sub>	Mucílago+semilla	MP	500	2	597,4	Panela	0,6
T <sub>7</sub>	Cáscara+mucílago + semilla	TB	500	2	597,4	Azúcar blanca	0,6
T <sub>8</sub>	Cáscara+mucílago + semilla	TM	500	2	597,4	Azúcar morena	0,6
T <sub>9</sub>	Cáscara+ mucílago+ semilla	TP	500	2	597,4	Panela	0,6

Donde: T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucílago + semilla con panela); TB (cáscara + mucílago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucílago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucílago+semilla con panela)

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

### 10.6.1. Azúcar añadida

Ec.1

$$A\acute{u}car\ a\acute{n}adida = \frac{P_j(^{\circ}Bd - Ba)}{100 - Bd}$$

Donde:

- P<sub>j</sub>: Peso del jugo
- °Bd: Brix deseados
- °Ba: Brix actuales

### **10.6.2. Levadura añadida (*Saccharomyces cerevisiae*)**

Cantidad determinada con base en la ficha técnica del proveedor (AEB ANDINA S.A), que recomienda una dosis de empleo 10 a 30 g/quintal de estrujado o por hectolitro de mosto.

Para los 2 litros empleados por tratamiento, se aplicó la siguiente conversión:

Ec 2

$$\frac{30 \text{ g}}{100 \text{ L}} \times 2 \text{ L} = 0,3 \text{ (g)}$$

### **10.7. Proceso de elaboración de una bebida alcohólica fermentada de café**

#### **Cosecha**

Se recolectaron frutos maduros de café, identificados por su color rojizo uniforme (Carvajal & Aristizábal, 2011).

#### **Recepción**

Los frutos fueron llevados al laboratorio, donde se colocaron sobre una mesa limpia. Se verificó su estado general y se retiraron manualmente impurezas visibles como hojas, ramas y frutos en mal estado.

#### **Lavado**

Los frutos fueron lavados con abundante agua potable para eliminar tierra, polvo. Esta etapa favoreció la higiene del proceso y redujo el riesgo de contaminación.

#### **Selección**

Se seleccionaron manualmente los frutos que presentaban buen estado, descartando aquellos verdes, dañados, con hongos e impurezas.

## **Despulpado**

Los frutos seleccionados fueron despulpados utilizando un molino manual. Posteriormente, la separación de la cáscara y (mucilago + semilla) se realizó de forma manual, extrayendo ambas fracciones con cuidado para destinarlas a los respectivos tratamientos experimentales.

## **Escaldado**

Los coproductos seleccionados (cáscara), (mucilago + semillas) y (cáscara + mucilago + semillas) se sometieron a un escaldado térmico a 74 °C durante 2 minutos.

## **Enfriado**

Luego del escaldado, los coproductos se enfriaron hasta alcanzar una temperatura entre 30 y 32 °C, condición adecuada para formular el mosto e inocular la levadura sin afectar su viabilidad.

## **Formulación del sustrato**

En recipientes sanitizados se mezclaron los coproductos según el tratamiento: (cáscara), (mucilago +semillas) y (cascara+ mucilago+ semillas) con agua potable y el tipo de azúcar correspondiente (azúcar blanca, azúcar morena o panela), a una concentración de 597,4 g, según los resultados obtenidos mediante la ecuación (Ec 1) y se homogeneizó completamente el mosto.

## **Inoculación**

La inoculación se realizó rehidratando la levadura en agua ligeramente azucarada (10 mL) a 38 °C durante 20-30 min para asegurar su viabilidad (AEB ANDINA S.A).

## **Fermentación primaria**

La fermentación se desarrolló a una temperatura ambiente controlada de aproximadamente 21–22 °C. Durante este periodo se observó una disminución en los °Brix y un aumento progresivo del contenido alcohólico.

## **Trasiego**

Finalizada la fermentación primaria, el líquido fermentado se separó de los residuos mediante trasiego manual. Luego fue trasladado a otro recipiente limpio, donde permaneció en reposo hasta el día 15 para favorecer su clarificación (Vargas, 2016).

## **Sulfitado**

El día 15 se adicionó bisulfito de sodio ( $\text{NaHSO}_3$ ) a razón de 0,1 g/L para estabilizar el producto, inhibir el crecimiento microbiano y prevenir la oxidación de compuestos volátiles y fenólicos (Vargas, 2016).

## **Filtrado**

Se realizó un filtrado para eliminar partículas finas y lías en suspensión, mejorando la limpieza y la estabilidad del producto final.

## **Embotellado**

Tras una breve etapa de maduración (30 días desde el inicio del proceso), el producto se embotelló en envases de vidrio previamente higienizados, dejando un pequeño espacio de cabeza y sellándolos herméticamente.

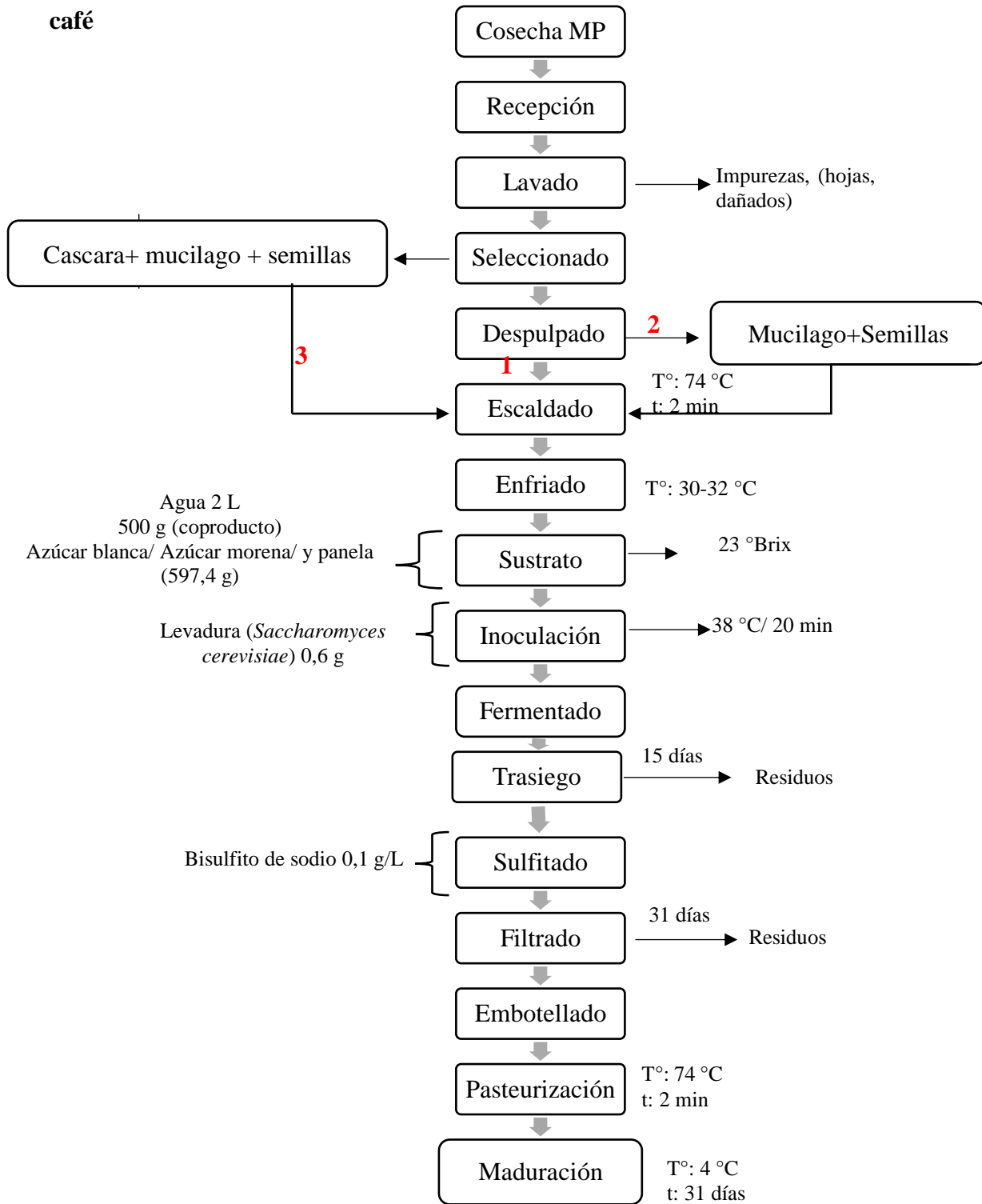
## **Pasteurización**

Las botellas se sometieron a pasteurización a 74 °C durante 2 minutos y luego se enfriaron rápidamente, con el fin de garantizar su estabilidad microbiológica y conservar sus características sensoriales.

## **Maduración**

Finalmente, las botellas se almacenaron en posición vertical, en un lugar fresco, seco y oscuro, hasta el momento de su análisis fisicoquímico y sensorial.

**10.7.1. Diagrama para la elaboración de la bebida fermentada a base de coproductos de café**



**Figura 3.** Proceso de la bebida fermentada a base de coproductos de café.  
Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

## **10.8. Análisis fisicoquímicos realizados en la materia prima**

### **10.8.1. Masa (g)**

La medición de la masa se realizó utilizando una balanza digital (BOECO, Germany), con alta precisión. Cada grupo de granos fue pesado individualmente. Antes de cada pesaje, se verificó que la balanza estuviera calibrada y limpia.

### **10.8.2. Densidad (g/ml)**

La densidad se determinó calculando la relación entre la masa del grano y el volumen desplazado de agua. Para ello, se utilizó una probeta aforada y la misma balanza digital (BOECO, Germany). Las muestras se introdujeron con cuidado para evitar burbujas de aire. Se basó en el principio de Arquímedes, obteniéndose el volumen que desplaza la fruta (Talens Oliag, 2020).

Ec.3

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}$$

### **10.8.3. Medición del pH**

El análisis de pH se realizó utilizando tiras reactivas (Hydrion). Para ello, se preparó una suspensión líquida mediante la maceración de los granos de café con agua destilada, debido a la escasa cantidad de pulpa presente en el fruto, lo cual dificultó el uso de instrumentos electrónicos como el medidor multiparámetro.

### **10.8.4. °Brix**

Se utilizó un refractómetro de la marca (BOECO, Germany), para medir el contenido de sólidos solubles. Las muestras fueron trituradas manualmente usando un mortero de porcelana hasta obtener un extracto líquido. Posteriormente, se colocó una gota sobre el prisma del refractómetro previamente calibrado con agua destilada. Los resultados se expresaron en grados Brix, reflejando

principalmente el contenido de azúcares de los frutos, siguiendo la norma NTE INEN-ISO 2173, (2013).

#### **10.8.5. Cálculo del rendimiento (%)**

El rendimiento se evaluó separando manualmente las semillas de la cáscara de cada fruto. Se utilizó la balanza (BOECO, Germany) para pesar ambas fracciones. El rendimiento fue calculado mediante la fórmula:

Ec.4

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Masa de la semilla}}{\text{Masa total del fruto}} \times 100$$

#### **10.8.6. Humedad por estufa (%)**

La humedad fue determinada por el método de secado en estufa (AOAC 934.06, n.d.), empleando una estufa de secado (BIOBASE, China). Las muestras fueron colocadas en cápsulas de aluminio previamente taradas y sometidas a 60 °C durante 24 horas. Luego se dejaron enfriar en un desecador y se pesaron nuevamente.

Ec.5

$$\% \text{humedad} = \frac{(M1 - M2)}{M} \times 100$$

Donde:

M1: peso del crisol más muestra húmeda

M2: peso del crisol más muestra seca

M: peso de la muestra

### **10.8.7. Humedad por balanza (%)**

Para obtener resultados más rápidos, también se utilizó un analizador de humedad marca (BOECO, Germany). Esta balanza realiza automáticamente el calentamiento y cálculo del porcentaje de humedad mediante pérdida de masa por evaporación. El procedimiento consistió en colocar una porción representativa de la muestra y registrar el resultado en la pantalla del equipo (INEN 265, 1978).

Ec.6

$$\%humedad = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Donde:

P1: Peso inicial de la muestra

P2: Peso final de la muestra (g)

### **10.8.8. Medición del diámetro y longitud del grano (cm)**

Las dimensiones físicas de los granos (diámetro y longitud) se midieron con un calibrador (Vernier de precisión 0,02 mm). Cada grano fue manipulado cuidadosamente para no alterar su forma. Se registraron las medidas en centímetros, lo que permitió establecer diferencias morfológicas entre tratamientos (INEN 290, 1978).

## **10.9. Análisis fisicoquímicos durante el proceso de fermentación de la bebida**

### **10.9.1. °Brix**

La determinación de °Brix, indica la concentración de azúcares presentes en el mosto. Se determinó utilizando un refractómetro (BOECO, Germany). Los resultados fueron expresados en (%), indicando la cantidad de azúcares disueltos en el medio, lo cual es crucial para la fermentación alcohólica (NTE INEN 380, 1985).

### **10.9.2. Temperatura**

Durante el proceso de fermentación de la bebida alcohólica elaborada a partir de coproductos de café, la temperatura se controló manteniendo en un rango de 20 °C a 23 °C, con el fin de asegurar condiciones óptimas para la actividad fermentativa de *Saccharomyces cerevisiae*. La medición se realizó utilizando el mismo equipo empleado para la determinación de °Brix (BOECO, Germany), permitiendo un monitoreo constante. Este control térmico es fundamental para garantizar una fermentación eficiente y evitar la formación de compuestos indeseables que puedan afectar la calidad del producto final.

### **10.9.3. pH**

La medición del pH de las bebidas alcohólicas fermentadas a base de coproductos de café se realizó utilizando un multiparámetro (STIRRER, PL-700PC), equipado con un electrodo potenciométrico de vidrio, calibrado previamente con soluciones tampón certificadas de pH 4.00 y 7.00. Las muestras fueron colocadas en vasos de 10 ml y analizadas directamente a temperatura ambiente, realizando mediciones por triplicado para cada muestra (INEN 389, 1985).

### **10.9.4. Contenido alcohólico**

La determinación del contenido alcohólico en las bebidas fermentadas se realizó utilizando un alcoholímetro digital (Anton Paar - Snap 41), un equipo portátil diseñado para medir directamente el porcentaje de alcohol en líquidos. Para ello, se cargó una pequeña cantidad de muestra en el dispositivo utilizando su sistema de succión, y se procedió a la lectura directa del valor expresado en porcentaje volumen por volumen (% v/v) en la pantalla del instrumento. Todas las mediciones se realizaron a temperatura ambiente y con las muestras tal como fueron obtenidas, asegurando que el procedimiento fuera práctico (NTE INEN 2 322:2002, 2002).

### **10.9.5. Conductividad y Sólidos totales disueltos (TDS)**

La determinación de la conductividad eléctrica ( $\sigma$ ) y sólidos totales disueltos en las bebidas fermentadas se realizó utilizando el multiparámetro (STIRRE, PL-700PC), el cual cuenta con un sensor específico para este tipo de medición. Las muestras fueron colocadas en vasos de 10 ml y

analizadas a temperatura ambiente. El electrodo de conductividad fue sumergido directamente en cada muestra, registrándose el valor expresado en microsiemens por centímetro (mS/cm) y los TDS en (ppm), una vez estabilizada la lectura. Para asegurar la fiabilidad de los resultados, cada muestra fue medida por triplicado (INEN 389, 1985).

## **10.10. Análisis fisicoquímicos de la post-fermentación de la bebida**

### **10.10.1. Polifenoles**

El procedimiento consistió en preparar una curva estándar de ácido gálico a partir de una disolución madre de 1000 µg/mL, realizando a diferentes concentraciones: 0, 10, 50,75, 100, 250, 500 y 1000 ppm y conservándolas en refrigeración y oscuridad. Para la extracción de polifenoles, se mezclaron 500 µL de muestra con 1000 µL de metanol (1:2 v/v) y 500 µL de NaF (2 mM), se homogeneizó la mezcla y se centrifugó a 4000 rpm durante 15 min a 20 °C, recuperando el sobrenadante. Posteriormente, se tomaron 100 µL del extracto de muestra, se adicionaron 6 mL de agua destilada y 500 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu, dejando reposar 8 min en oscuridad; luego se agregaron 1500 µL de carbonato de sodio al 7,5 % y se completó el volumen a 10 mL con agua destilada, manteniendo la mezcla en oscuridad a temperatura ambiente por 2 h. Estas concentraciones se utilizaron para la determinación de polifenoles de las bebidas mediante espectrofotometría a 765 nm (García et al., 2015).

### **10.10.2. Acidez titulable**

Para la determinación de la acidez titulable, se utilizó el método establecido en la Norma INEN 341 (1978). Se tomó 1 ml de la muestra y se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 500 ml que contenía previamente 10 ml de agua destilada. Posteriormente, se añadieron 5 gotas de solución indicadora de fenolftaleína. La mezcla fue titulada cuidadosamente con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, agitando de forma constante, hasta observar un color rosado tenue que desaparecía lentamente. Se continuó la adición de la solución alcalina hasta que el color rosado persistió durante al menos 30 segundos, indicando el punto final de la titulación.

## **10.11. Análisis microbiológicos de la bebida después de un mes de maduración**

### **10.11.1. Aerobios mesófilos**

El análisis se realizó utilizando placas Compact Dry TC. Se midió 1 ml de muestra con una micropipeta estéril y se transfirió a una bolsa estéril que contenía 9 ml de agua peptonada al 0,1 %. La mezcla fue homogeneizada para obtener la dilución  $10^{-1}$ . Luego, se inoculó 1 ml de esta dilución en el centro de la placa Compact Dry TC. Las placas se incubaron a  $35 \pm 2$  °C o  $30 \pm 1$  °C durante  $48 \pm 3$  horas, según las recomendaciones del fabricante (Apracom S.A), y posteriormente se procedió a la lectura de colonias.

### **10.11.2. *Escherichia coli***

Se utilizaron placas Compact Dry EC para la identificación de *Escherichia coli* y coliformes totales. Se midió 1 ml de muestra con una micropipeta estéril y se transfirió a una bolsa estéril con 9 ml de agua peptonada al 0,1 %, utilizando una pipeta de vidrio. La mezcla fue homogeneizada para obtener la dilución  $10^{-1}$  y posteriormente se preparó la dilución  $10^{-2}$ . De cada dilución se inoculó 1 ml en el centro de la placa Compact Dry EC. Las placas fueron incubadas a  $35 \pm 2$  °C por  $24 \pm 2$  horas y luego se procedió a la lectura de colonias según las indicaciones (Apracom S.A).

### **10.11.3. Mohos y levaduras**

El análisis se realizó utilizando placas Compact Dry YM. Se midió 1 ml de muestra con una micropipeta estéril y se transfirió a una bolsa estéril con 9 ml de agua peptonada al 0,1 %, obteniendo la dilución  $10^{-1}$ . A partir de esta, se preparó la dilución  $10^{-2}$ . De cada dilución se inoculó 1 ml en el centro de las placas. Las muestras fueron incubadas a  $25 \pm 2$  °C durante un periodo de 3 días, y luego se procedió a la lectura de colonias según las recomendaciones (Apracom S.A), (Lindsey & Wee, 2007).

## **10.12. Evaluación sensorial**

### **10.12.1. Perfiles sensoriales**

Para caracterizar los atributos de apariencia, olor y sabor de la bebida fermentada se llevó a cabo con la participación de 12 jueces entrenados en este tipo de producto. Se basó en el método de asociación controlada como lo menciona (Damásio & Costell, 1991).

### **10.12.2. Evaluación grado de aceptabilidad**

En el análisis se utilizó una escala hedónica para evaluar el grado de aceptabilidad realizada a 60 consumidores de ambos sexos, con edades de 18 a 55 años. Las muestras fueron rotuladas con un código aleatorio de 5 dígitos, se mostró una encuesta de escala hedónica de nueve niveles con la puntuación; extremadamente desagradable (1), muy desagradable (2), bastante desagradable (3), desagradable (4), ni desagradable ni agradable (5), agradable (6), bastante agradable (7), muy agradable (8), extremadamente agradable (9) (Anzaldúa, 1982).

## **10.13. Análisis estadístico**

El tratamiento estadístico de los datos obtenidos en la presente investigación se realizó utilizando el software STATGRAPHICS Centurion 19, versión 19.6.04 (64 bits). Para los parámetros fisicoquímicos de la materia prima (grano cereza y grano maduro) se llevó a cabo un ANOVA simple.

Durante el proceso de fermentación, se aplicó un ANOVA –GLM bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), considerando como factores el tratamiento (combinación de materia prima y tipo de endulzante), el tiempo de fermentación y la interacción entre ambos. El análisis fisicoquímicos y contenido de polifenoles en la post-fermentación de la bebida, se aplicó un ANOVA- GLM bajo un diseño completamente al azar (DCA), considerando como factores el tratamiento y el tiempo (0 y 31 días). En el caso de la evaluación sensorial, se utilizó un ANOVA multifactorial bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde los tratamientos correspondieron a los nueve productos elaborados (T<sub>1</sub>–T<sub>9</sub>) y los consumidores actuaron como bloque. Las diferencias significativas entre medias se identificaron mediante la prueba de

comparación múltiple de Tukey, estableciendo un nivel de confianza del 95 % ( $p < 0,05$ ). Los análisis microbiológicos de los diferentes tratamientos de bebidas se realizaron en el programa Microsoft Excel. Una vez realizado el conteo de microorganismos, se procedió a la determinación de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) aplicando la ecuación 6 de la NTE INEN 1529-7, (2013) en conteo de microorganismos de *E.coli* y el recuento de microorganismos aerobios mesófilos y mohos y levaduras se basó en la ecuación 7 siguiendo la norma NTE INEN 1529-5, (2006); (NTE INEN 1529-10, 2013).

Ec. 6

$$\frac{\text{Coliformes}}{\text{ml}} = nxf(UFC)$$

Donde:

$n$  = número de colonias típicas

$f$  = factor de dilución

$UFC$  = unidades formadoras de colonias

Ec. 7

$$N = \frac{\Sigma c}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Donde:

$\Sigma c$  = Suma de todas las colonias contadas en todas las placas seleccionadas;

$V$  = Volumen inoculado en cada caja Petri;

$n_1$  = Número de placas de la primera dilución seleccionada;

$n_2$  = Número de placas de la segunda dilución seleccionada;

$d$  = Factor de dilución de la primera dilución seleccionada

### **10.13.1. Modelo lineal general (GLM)**

Los datos obtenidos de las variables fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales fueron analizados mediante Modelos Lineales Generales (GLM, por sus siglas en inglés), utilizando el software Statgraphics Centurion XIX. Este tipo de modelo permitió evaluar el efecto de los factores fijos (tratamientos y/o tiempo de fermentación) sobre cada variable de respuesta, aun cuando las mediciones se realizaron en días no consecutivos.

El GLM es una técnica estadística flexible que generaliza el análisis de varianza (ANOVA), ya que permite manejar diferentes estructuras de datos, la comparación de medias y la interacción entre factores. En este estudio se utilizó para determinar diferencias significativas entre tratamientos y tiempos de evaluación, aplicando posteriormente pruebas de comparación de medias (LSD de Fisher) con un nivel de significancia del 5 % ( $p < 0,05$ ) (Cayuela, 2010).

## **11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se presentan y discuten los resultados fisicoquímicos, polifenoles, microbiológicos y sensoriales de las bebidas fermentadas

### **11.1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima**

En la Tabla 6 se evidencia que no hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los estados de madurez del grano de café. Los pesos variaron entre 156,78 g y 171,08 g, el diámetro entre 1,49 cm y 1,52 cm y la longitud entre 1,55 cm y 1,57 cm. La densidad fue ligeramente mayor en granos maduros (2,15 g/ml) frente a cereza (2,06 g/ml), al igual que el pH (4,0 vs. 3,66) y los °Brix (11 % a 12,3 %). El rendimiento fue similar (45,98 % a 48,07 %) y la humedad mostró una leve disminución en granos maduros, sugiriendo mayor concentración de sólidos. Aunque los cambios son coherentes con la maduración, no fueron estadísticamente significativos, coincidiendo con lo reportado por Książak et al. (2023) y Jitjaroen et al. (2024), quienes señalan que el grado de madurez influye directamente en la composición química y en la calidad final del grano, siendo el pH y los azúcares factores determinantes para su selección en procesos fermentativos.

**Tabla 6.** Análisis fisicoquímicos de la materia prima (grano cereza y grano maduro de café) (promedio  $\pm$  error estándar) y sus diferencias entre estado de madurez.

Estado de madurez	n	W (g)	$\Phi$ (cm)	L (cm)	$\rho$ (g/ml)	pH	$^{\circ}$ Brix (%)	R (%)	Hee (%)	Hec (%)	Hbe (%)	Hbc (%)
<b>Grano cereza</b>	3	156,78 $\pm$ 4,785 <sup>a</sup>	1,52 $\pm$ 0,024 <sup>a</sup>	1,55 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	2,06 $\pm$ 0,027 <sup>a</sup>	3,6 $\pm$ 0,235 <sup>a</sup>	11,0 $\pm$ 0,365 <sup>a</sup>	45,98 $\pm$ 1,794 <sup>a</sup>	68,22 $\pm$ 0,736 <sup>a</sup>	81,84 $\pm$ 0,901 <sup>a</sup>	67,6 $\pm$ 0,797 <sup>a</sup>	81,07 $\pm$ 0,904 <sup>a</sup>
<b>Grano maduro</b>	3	171,08 $\pm$ 4,785 <sup>a</sup>	1,49 $\pm$ 0,024 <sup>a</sup>	1,57 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	2,15 $\pm$ 0,027 <sup>a</sup>	4,0 $\pm$ 0,235 <sup>a</sup>	12,3 $\pm$ 0,365 <sup>a</sup>	48,07 $\pm$ 1,794 <sup>a</sup>	65,96 $\pm$ 0,736 <sup>a</sup>	80,99 $\pm$ 0,901 <sup>a</sup>	65,70 $\pm$ 0,797 <sup>a</sup>	83,41 $\pm$ 0,904 <sup>a</sup>

Donde: n: numero de replicas; W: peso;  $\Phi$ : diámetro (cm); L: longitud (cm);  $\rho$ : densidad (g/ml); pH: potencial de hidrógeno;  $^{\circ}$ Brix: (%); R: rendimiento (%); Hee: humedad en estufa grano entero (%); Hec: humedad en estufa de la cáscara (%); Hbe: humedad en balanza grano entero (%); Hbc: humedad en estufa de la cáscara(%).

Letras iguales (a,a) en la misma columna expresan que no hay diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

## 11.2. Análisis fisicoquímicos durante la fermentación de la bebida

En la Tabla 7, se observa los resultados del modelo lineal general (GLM) en función de sus variables dependientes y sus factores:

- A: Tratamiento
- B: tiempo
- Variables dependientes: Temperatura, °Brix, pH, conductividad, sólidos disueltos totales (TDS) y alcohol

El análisis del modelo lineal general (GLM), reveló que los factores de tratamiento y tiempo presentaron efectos altamente significativos ( $p < 0,005$ ) sobre la temperatura, los °Brix, la conductividad, los sólidos disueltos totales (TDS) y el porcentaje de alcohol. En particular, el tratamiento y el tiempo influyeron de manera conjunta y también por separado en estos parámetros, mientras que para el pH solo el tiempo fue significativo, lo cual sugiere que la evolución de la acidez es resultado directo del progreso fermentativo más que de la combinación de ingredientes iniciales.

Además, la interacción tratamiento\*tiempo resultó significativa para la conductividad y el porcentaje de alcohol, lo que indica que la respuesta de estos parámetros depende tanto de la formulación como de la duración del proceso, resultado que coincide con lo descrito por (Chai et al., 2022), sobre la importancia de analizar los efectos combinados en fermentaciones complejas. Estas observaciones corroboran lo señalado por Girardi et al., 2022) quienes enfatizan que la gestión simultánea del tiempo y los ingredientes es fundamental para lograr bebidas fermentadas con características fisicoquímicas estables y de calidad, también en cuanto al impacto de la formulación y el proceso sobre la eficiencia y calidad final del producto.

**Tabla 7.** Resultados del modelo lineal general (GLM), durante la fermentación de la bebida

<b>Variable</b>	<b>Factor significativo</b>	<b>Interpretación</b>
<b>Temperatura</b>	Tratamiento tiempo	Ambos factores afectan significativamente la temperatura.
<b>°Brix</b>	Tratamiento tiempo	Cambios notables durante la fermentación por efecto de ambos factores.
<b>pH</b>	tiempo	Solo el tiempo influye de manera significativa en pH.
<b>Conductividad</b>	Tratamiento tiempo Tratamiento* tiempo	Todos los efectos fueron significativos, incluyendo Tratamiento*tiempo
<b>TDS</b>	Tratamiento tiempo	Ambos factores afectan los sólidos disueltos totales.
<b>% Alcohol</b>	Tratamiento tiempo Tratamiento* tiempo	Los factores y el Tratamiento*tiempo influyen en la producción de alcohol.
<i>P</i> - valor = 0,0000		

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

### 11.2.1. Temperatura

Los resultados fisicoquímicos presentados en la Tabla 8 muestran diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los nueve tratamientos evaluados durante la fermentación de bebidas a base de coproductos de café. La temperatura fue menor en T<sub>1</sub> (cáscara con azúcar blanca, 20,79 °C) y aumentó progresivamente hasta valores máximos de 22,05 °C en T<sub>6</sub> y T<sub>9</sub> (mucilago +semilla y cascara + mucilago + semillas con panela,). El uso de panela en combinación con semilla o fruto de café favorece una mayor liberación de calor durante la fermentación, debido a la presencia de azúcares complejos que requieren una mayor actividad metabólica de las levaduras, lo que intensifica el efecto exotérmico del proceso. (Cangussu et al., 2021).

En la Tabla 9, se observa diferencias significativas en todas las variables fisicoquímicas en función del tiempo de la fermentación. La temperatura se mantuvo relativamente constante entre 21,26 °C y 22,05 °C, lo que evidencia un adecuado control ambiental que favorece la actividad microbiana

sin generar estrés térmico para las levaduras, tal como lo menciona (Torija et al. 2010), quienes destacan la estabilidad térmica como un factor crítico en fermentaciones controladas.

### **11.2.2. °Brix**

En la Tabla 8, Los °Brix oscilaron entre 12,56 % en T<sub>3</sub> (cáscara con panela) y 14,95 % en T<sub>4</sub> (mucilago + semilla con azúcar blanca), reflejando cómo la combinación de matriz y tipo de azúcar determina la cantidad de azúcares fermentables disponibles, como afirma Girardi et al., (2022) que la disponibilidad de azúcares fermentables en una bebida fermentada depende directamente de la composición inicial del sustrato y del tipo de endulzante utilizado, ya que estos influyen en la actividad metabólica de las levaduras durante la fermentación. En su estudio, observaron que endulzantes como la sacarosa y la panela aportan diferentes perfiles de carbohidratos simples y compuestos, lo que puede modificar la velocidad de fermentación, la producción de etanol y el perfil sensorial del producto final.

En la Tabla 9, en cuanto al contenido de °Brix, se observó una disminución progresiva de 21,85 (día 1) a 11,52 (día 31), reflejando el consumo de azúcares por parte de las levaduras para la producción de metabolitos. Goktas et al., (2021) señalan que este comportamiento es típico en fermentaciones con alta actividad enzimática, ya que las levaduras metabolizan los azúcares como principal fuente de energía, reflejando así un proceso fermentativo eficiente.

### **11.2.3. pH**

En la Tabla 8, El pH se mantuvo en un rango estrecho de 3,82 a 3,84, no existió diferencias significativas entre todos los tratamientos, lo que sugiere una producción controlada de ácidos orgánicos y una buena estabilidad del sistema fermentativo, aspecto fundamental para la inocuidad del producto. Según Reyes et al. (2024), un pH comprendido entre 3,5 y 4,0 es ideal para bebidas fermentadas, ya que no solo favorece la estabilidad microbiológica del sistema, sino que también limita el crecimiento de microorganismos patógenos, mejorando así la seguridad del producto.

En la Tabla 9, el pH descendió de forma gradual desde 3,98 hasta 3,77, indicando una acidificación natural del medio fermentativo, asociada a la producción de ácidos orgánicos como ácido acético

y láctico, lo que coincide con los hallazgos de (Qingli et al., 2022), quienes resaltan este fenómeno como indicador de fermentación activa y protección antimicrobiana.

#### **11.2.4. TDS**

En la Tabla 8, los sólidos disueltos totales (TDS) fueron más bajos en T<sub>2</sub> 1 566,11 ppm, en comparación al resto de los tratamientos, asociados a la naturaleza del sustrato y a la mayor extracción de compuestos solubles en tratamientos con semilla o fruto. Este comportamiento coincide con lo reportado por (Villa et al. 2019), quienes afirman que la variación en los TDS de productos fermentados está directamente relacionada con la composición fisicoquímica del sustrato inicial y su capacidad de liberar sólidos solubles durante el proceso de fermentación. En cuanto a la conductividad, se observaron valores desde 1774,35  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en T<sub>7</sub> hasta 2 563,46  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en T<sub>3</sub> (cáscara con panela), entre todos los tratamientos existió diferencias significativas, lo que evidencia una mayor liberación de iones y minerales especialmente en tratamientos con fruto y azúcares menos refinados (Adamek et al., 2022).

En la Tabla 9, en cuanto a los sólidos disueltos totales (TDS), se evidenció un aumento considerable desde 668 ppm (día 1) hasta 2008 ppm (día 31), resultado que puede atribuirse a la liberación de metabolitos secundarios, compuestos solubles y residuos celulares, como mencionan Saranraj et al., (2017) en el contexto de fermentaciones con cáscara de café.

#### **11.2.5. Conductividad**

En la Tabla 8, cuanto al porcentaje de alcohol varió de 3,97 % en T<sub>2</sub> (cáscara con azúcar morena) a 4,60 % en T<sub>7</sub> (cáscara+ mucilago +semillas con azúcar blanca), lo que demuestra que la combinación de fruto y panela maximiza el rendimiento etílico por el mayor aporte de azúcares fermentables y nutrientes. El contenido de azúcares simples y micronutrientes en la materia prima incide directamente en la eficiencia del proceso fermentativo, potenciando la producción de etanol cuando las condiciones del sustrato son óptimas (Keşa et al., 2021).

En la Tabla 9, la conductividad aumentó progresivamente de 1303  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 2538  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo cual refleja un incremento en la concentración de iones y minerales liberados durante la descomposición

de la matriz vegetal, en línea con lo descrito por (Prakash et al. 2019), quienes relacionan este fenómeno con el tipo de azúcar y la naturaleza del sustrato.

La Figura 4, ilustra cómo varía la conductividad en función del tiempo para cada uno de los tratamientos ( $T_1$  a  $T_9$ ). Se observa que la conductividad aumenta progresivamente en todos los tratamientos a medida que avanza el tiempo de fermentación, con ligeras variaciones entre tratamientos. Los tratamientos  $T_3$ ,  $T_6$ ,  $T_8$  y  $T_9$  presentan los valores de conductividad más altos, especialmente en los días finales, lo que sugiere una mayor liberación de iones y compuestos minerales, probablemente debido a una mayor descomposición de la matriz del fruto de café y la naturaleza del edulcorante empleado. De acuerdo con Villa et al., (2019), tanto la estructura del sustrato como el tipo de azúcar influyen directamente en la solubilización de componentes minerales y en la liberación de cargas iónicas, lo que se refleja en una mayor conductividad del sistema fermentativo.

Las diferencias entre tratamientos también reflejan el efecto combinado del tipo de coproducto y el tipo de azúcar sobre la solubilización de minerales durante la fermentación. El comportamiento ascendente en cada curva de tiempo respalda el incremento de sólidos disueltos totales en el medio, proceso típico en fermentaciones donde los sustratos son degradados y liberan minerales y sales, como lo reporta Cangussu et al., (2021). Además, la dispersión de los valores al inicio y su agrupación en los valores superiores al final indica que las diferencias entre tratamientos tienden a acentuarse conforme avanza la fermentación, resaltando la importancia de la interacción tratamiento-tiempo en la conductividad final de la bebida.

#### **11.2.6. Alcohol**

En la Tabla 8, cuanto al porcentaje de alcohol varió de 3,97 % en  $T_2$  (cáscara con azúcar morena) a 4,60 % en  $T_7$  (cáscara + mucilago + semilla con azúcar blanca), lo que demuestra que la combinación de fruto y panela maximiza el rendimiento etílico por el mayor aporte de azúcares fermentables y nutrientes. El contenido de azúcares simples y micronutrientes en la materia prima incide directamente en la eficiencia del proceso fermentativo, potenciando la producción de etanol cuando las condiciones del sustrato son óptimas (Keşa et al., 2021).

En la Tabla 9, partir del día 6, se evidenció un incremento sostenido en el contenido de alcohol, comenzando con 0,46 % y alcanzando un valor máximo de 7,85 % al día 31. Los tratamientos T<sub>7</sub> y T<sub>8</sub> alcanzaron los niveles más altos de alcohol (cerca de 8 %), lo que indica que la combinación de (cáscara + mucilago + semilla) con azúcar blanca y azúcar morena es la más eficiente para la producción etílica. En contraste, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> muestran los menores incrementos de alcohol. Este comportamiento se atribuye a la mayor disponibilidad de azúcares fermentables y nutrientes presentes en el fruto, lo que favorece la actividad y eficiencia de las levaduras (Reyes et al., 2024). Además, la diferencia entre tratamientos se hace más notoria a medida que avanza la fermentación, confirmando la importancia Este patrón confirma la transformación progresiva de los azúcares en etanol por acción de las levaduras, y coincide con lo reportado por Ezeora et al., (2024), quienes señalan que un entorno ácido y con disponibilidad de azúcares favorece la producción eficiente de alcohol en fermentaciones espontáneas.

La Figura 5, muestra la interacción entre el tratamiento y el tiempo en la producción de alcohol durante la fermentación. Se aprecia claramente un aumento progresivo del porcentaje de alcohol en todos los tratamientos conforme transcurre el tiempo.

**Tabla 8.** Análisis fisicoquímicos durante la fermentación de la bebida a base de coproductos (LSM  $\pm$  error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo

Producto	T	n	°T (°C)	°Brix (%)	pH	TDS (ppm)	$\sigma$ (mS/cm)	Alc (%)
(CB)	T <sub>1</sub>	108	20,79 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	14,51 $\pm$ 0,071 <sup>e</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1579,5 $\pm$ 1,786 <sup>b</sup>	2147,12 $\pm$ 10,325 <sup>d</sup>	4,40 $\pm$ 0,017 <sup>de</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	108	21,25 $\pm$ 0,009 <sup>c</sup>	13,21 $\pm$ 0,071 <sup>b</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1566,11 $\pm$ 1,787 <sup>a</sup>	2217,78 $\pm$ 10,325 <sup>e</sup>	3,97 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	108	21,75 $\pm$ 0,009 <sup>e</sup>	12,56 $\pm$ 0,072 <sup>a</sup>	3,82 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1579,5 $\pm$ 1,788 <sup>b</sup>	2563,46 $\pm$ 10,325 <sup>h</sup>	4,51 $\pm$ 0,017 <sup>fg</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	108	21,05 $\pm$ 0,009 <sup>b</sup>	14,95 $\pm$ 0,073 <sup>f</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1600,0 $\pm$ 1,789 <sup>c</sup>	1924,67 $\pm$ 10,325 <sup>b</sup>	4,33 $\pm$ 0,017 <sup>c</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	108	21,55 $\pm$ 0,009 <sup>d</sup>	13,68 $\pm$ 0,074 <sup>c</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1578 $\pm$ 1,790 <sup>b</sup>	2101,1 $\pm$ 10,325 <sup>c</sup>	4,22 $\pm$ 0,017 <sup>b</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	108	22,05 $\pm$ 0,009 <sup>f</sup>	12,81 $\pm$ 0,075 <sup>a</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1579,5 $\pm$ 1,791 <sup>b</sup>	2291,54 $\pm$ 10,325 <sup>f</sup>	4,45 $\pm$ 0,017 <sup>ef</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	108	21,05 $\pm$ 0,009 <sup>b</sup>	14,15 $\pm$ 0,076 <sup>d</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1579,5 $\pm$ 1,792 <sup>b</sup>	1774,35 $\pm$ 10,325 <sup>a</sup>	4,60 $\pm$ 0,017 <sup>h</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	108	21,55 $\pm$ 0,009 <sup>d</sup>	13,91 $\pm$ 0,077 <sup>cd</sup>	3,84 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1578,98 $\pm$ 1,793 <sup>b</sup>	2438,81 $\pm$ 10,325 <sup>g</sup>	4,53 $\pm$ 0,017 <sup>gh</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	108	22,05 $\pm$ 0,009 <sup>f</sup>	14,46 $\pm$ 0,078 <sup>e</sup>	3,83 $\pm$ 0,009 <sup>a</sup>	1579,5 $\pm$ 1,794 <sup>b</sup>	2551,46 $\pm$ 10,325 <sup>h</sup>	4,36 $\pm$ 0,017 <sup>cd</sup>

Donde:T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: (9 mediciones\*12 tiempos=108); °T: temperatura (°C); °Brix (%); pH: potencial de hidrógeno; TDS: sólidos disueltos totales (ppm);  $\sigma$ : conductividad (mS/cm); Alc: alcohol (%)

Letras diferentes (a, b, c, d, e, f, g, h) en la misma columna expresan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

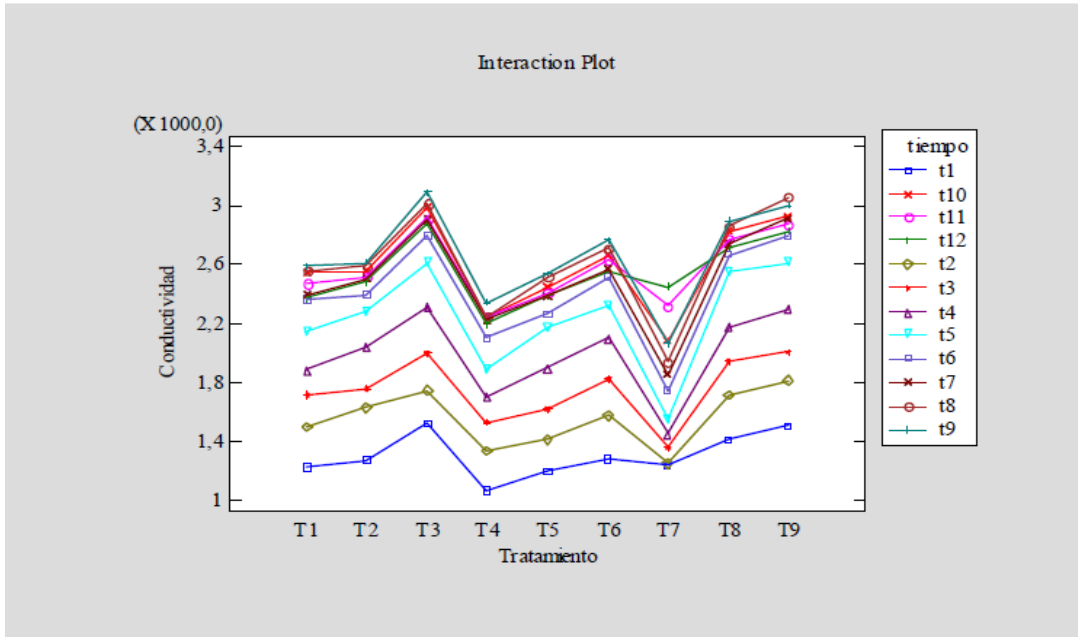
**Tabla 9.** Análisis fisicoquímicos durante la fermentación de la bebida a base de coproductos (LSM  $\pm$  error estándar) de los tratamientos en función del tiempo

tiempo (días)	n	°T (°C)	°Brix (%)	pH	TDS (ppm)	$\sigma$ (mS/cm)	Alc (%)
1	81	21,26 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	21,85 $\pm$ 0,082 <sup>g</sup>	3,98 $\pm$ 0,011 <sup>f</sup>	668,45 $\pm$ 2,062 <sup>a</sup>	1303,63 $\pm$ 11,922 <sup>a</sup>	0,00 $\pm$ 0,000 <sup>a</sup>
6	81	21,56 $\pm$ 0,011 <sup>d</sup>	19,02 $\pm$ 0,083 <sup>f</sup>	3,93 $\pm$ 0,011 <sup>ef</sup>	998,45 $\pm$ 2,062 <sup>b</sup>	1552,44 $\pm$ 11,922 <sup>b</sup>	0,46 $\pm$ 0,019 <sup>b</sup>
8	81	21,47 $\pm$ 0,011 <sup>c</sup>	16,52 $\pm$ 0,084 <sup>e</sup>	3,90 $\pm$ 0,011 <sup>de</sup>	1218,52 $\pm$ 2,062 <sup>c</sup>	1748,8 $\pm$ 11,922 <sup>c</sup>	1,05 $\pm$ 0,019 <sup>c</sup>
11	81	21,37 $\pm$ 0,011 <sup>b</sup>	14,02 $\pm$ 0,085 <sup>d</sup>	3,87 $\pm$ 0,011 <sup>cd</sup>	1368,52 $\pm$ 2,062 <sup>d</sup>	1985,86 $\pm$ 11,922 <sup>d</sup>	2,21 $\pm$ 0,019 <sup>d</sup>
13	81	21,56 $\pm$ 0,011 <sup>d</sup>	12,72 $\pm$ 0,086 <sup>c</sup>	3,84 $\pm$ 0,011 <sup>bc</sup>	1518,52 $\pm$ 2,062 <sup>e</sup>	2235,48 $\pm$ 11,922 <sup>e</sup>	3,26 $\pm$ 0,019 <sup>e</sup>
16	81	21,46 $\pm$ 0,011 <sup>c</sup>	12,02 $\pm$ 0,087 <sup>b</sup>	3,81 $\pm$ 0,011 <sup>ab</sup>	1668,52 $\pm$ 2,062 <sup>f</sup>	2403,93 $\pm$ 11,922 <sup>f</sup>	4,31 $\pm$ 0,019 <sup>f</sup>
18	81	21,37 $\pm$ 0,011 <sup>b</sup>	11,82 $\pm$ 0,088 <sup>ab</sup>	3,80 $\pm$ 0,011 <sup>ab</sup>	1768,52 $\pm$ 2,062 <sup>g</sup>	2497,04 $\pm$ 11,922 <sup>g</sup>	5,18 $\pm$ 0,019 <sup>g</sup>
21	81	21,56 $\pm$ 0,011 <sup>d</sup>	11,62 $\pm$ 0,089 <sup>a</sup>	3,79 $\pm$ 0,011 <sup>ab</sup>	1868,52 $\pm$ 2,062 <sup>g</sup>	2608,3 $\pm$ 11,922 <sup>ij</sup>	6,31 $\pm$ 0,019 <sup>h</sup>
23	81	21,47 $\pm$ 0,011 <sup>c</sup>	11,52 $\pm$ 0,090 <sup>a</sup>	3,78 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	1918,52 $\pm$ 2,062 <sup>i</sup>	2650,52 $\pm$ 11,922 <sup>j</sup>	6,82 $\pm$ 0,019 <sup>i</sup>
26	81	21,37 $\pm$ 0,011 <sup>b</sup>	11,54 $\pm$ 0,091 <sup>a</sup>	3,78 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	1968,52 $\pm$ 2,062 <sup>j</sup>	2585,47 $\pm$ 11,922 <sup>hi</sup>	7,38 $\pm$ 0,019 <sup>j</sup>
28	81	21,56 $\pm$ 0,011 <sup>d</sup>	11,52 $\pm$ 0,092 <sup>a</sup>	3,77 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	1988,52 $\pm$ 2,062 <sup>k</sup>	2570,42 $\pm$ 11,922 <sup>hi</sup>	7,68 $\pm$ 0,019 <sup>k</sup>
31	81	21,47 $\pm$ 0,011 <sup>c</sup>	11,52 $\pm$ 0,093 <sup>a</sup>	3,77 $\pm$ 0,011 <sup>a</sup>	2008,52 $\pm$ 2,062 <sup>l</sup>	2538,49 $\pm$ 11,922 <sup>gh</sup>	7,85 $\pm$ 0,019 <sup>l</sup>

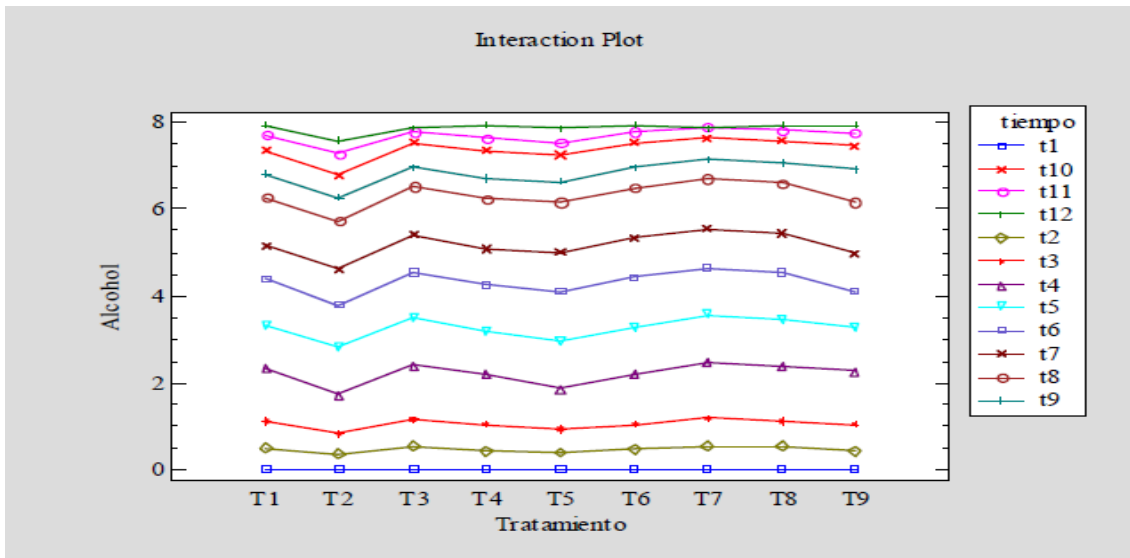
Donde: n: (9 mediciones\*9 Tratamientos=108); °T: temperatura (°C); °Brix: (%); pH: potencial de hidrógeno; TDS: sólidos disueltos totales (ppm);  $\sigma$ : conductividad (mS/cm); Alc: alcohol (%).

Letras diferentes (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l) en la misma columna expresan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los días de fermentación.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)



**Figura 4.** Interacción del comportamiento de la conductividad de los tratamientos en el tiempo de fermentación  
Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)



**Figura 5.** Interacción del comportamiento del alcohol de los tratamientos en el tiempo de fermentación  
Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

### 11.3. Análisis fisicoquímicos día 0 de maduración (embotellado)

Los valores de acidez titulable (AT), no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos, con un promedio de 0,52 a 0,58. Esto coincide con lo descrito por Soto, (2022), La acidez inicial en bebidas fermentadas depende del sustrato y la etapa de fermentación, siendo estable antes del aumento de ácidos orgánicos por el metabolismo microbiano.

En cuanto a los °Brix, se observaron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ). Los valores oscilaron entre 10,27 ( $T_3$ ) y 12,23 ( $T_1$ ), presentaron los valores más altos. Este comportamiento atribuye a la mayor carga de azúcares fermentables proveniente de la combinación de cáscara, mucílago y semilla, como lo han demostrado en fermentaciones mixtas de subproductos de café (Guaman & Montalvo, 2024).

En el pH no existió diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos, con valores de 3,77 a 3,78. Estos valores ácidos se encuentran dentro del rango típico de bebidas fermentadas a base de frutas o subproductos vegetales, favoreciendo la estabilidad microbiológica inicial (Joan, n.d.).

En los (TDS), se observó una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). El tratamiento  $T_4$  presentó mayor valor con 2030,00 ppm, y  $T_2$  obtuvo el menor con 1993,33 ppm. Los demás tratamientos no difieren significativamente entre  $T_2$  y  $T_4$ . Esta diferencia atribuye a la composición del sustrato, el mucílago aporta mayor cantidad de compuestos solubles que la cáscara sola (Hormaza, 2020).

La conductividad ( $\sigma$ ), mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). El tratamiento  $T_3$  alcanzó el valor más alto (2876 mS/cm), mientras que  $T_4$ , presentó el valor más bajo (2194,78 mS/cm). Este comportamiento se asocia a la mayor liberación de iones en tratamientos que incluyeron cáscara, tal como lo indican Ordoñez, (2022), quienes reportaron que este coproducto aporta compuestos minerales en mayor proporción.

El contenido alcohólico (Alc %) del  $T_2$  (cáscara con azúcar morena) varió significativamente ( $p < 0,05$ ), en comparación de los demás tratamientos. Estas diferencias pueden explicarse por la distinta disponibilidad de azúcares fermentables en cada sustrato y por la posible retención de alcohol en matrices con mayor contenido de fibra, como la cáscara (Córdoba & Hernandez, 2021).

**Tabla 10.** Análisis fisicoquímicos de la bebida en el día cero de maduración

Productos	T	n	AT (%)	°Brix (%)	pH	TDS (ppm)	$\sigma$ (mS/cm)	Alc (%)
(CB)	T <sub>1</sub>	9	0,54 ± 0,019 <sup>a</sup>	12,23 ± 0,033 <sup>de</sup>	3,78± 0,033 <sup>a</sup>	2007,78±6,577 <sup>ab</sup>	2373,78±40,428 <sup>ab</sup>	7,93±0,045 <sup>b</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	9	0,52 ± 0,019 <sup>a</sup>	10,93 ± 0,247 <sup>abc</sup>	3,78±0,033 <sup>a</sup>	1993,33± 6,577 <sup>a</sup>	2477,56± 40,428 <sup>b</sup>	7,56± 0,045 <sup>a</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	9	0,53 ± 0,019 <sup>a</sup>	10,27 ± 0,247 <sup>a</sup>	3,76± 0,033 <sup>a</sup>	2007,78± 6,577 <sup>ab</sup>	2876,33± 40,428 <sup>d</sup>	7,85± 0,045 <sup>b</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	9	0,55 ± 0,019 <sup>a</sup>	12,66±0,247 <sup>c</sup>	3,77± 0,033 <sup>a</sup>	2030,0± 6,577 <sup>b</sup>	2194,78± 40,428 <sup>a</sup>	7,91± 0,045 <sup>b</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	9	0,58 ± 0,019 <sup>a</sup>	11,4 ± 0,247 <sup>bcd</sup>	3,78± 0,033 <sup>a</sup>	2007,22± 6,577 <sup>ab</sup>	2380,78± 40,428 <sup>b</sup>	7,83± 0,045 <sup>b</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	9	0,55± 0,019 <sup>a</sup>	10,53± 0,247 <sup>ab</sup>	3,78± 0,033 <sup>a</sup>	2007,78± 6,577 <sup>ab</sup>	2554,0± 40,428 <sup>bc</sup>	7,92± 0,045 <sup>b</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	9	0,55 ± 0,019 <sup>a</sup>	11,86 ± 0,247 <sup>cde</sup>	3,77± 0,033 <sup>a</sup>	2007,78± 6,577 <sup>ab</sup>	2443,44± 40,428 <sup>b</sup>	7,85± 0,045 <sup>b</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	9	0,55 ± 0,019 <sup>a</sup>	11,63 ± 0,247 <sup>bcd</sup>	3,78± 0,033 <sup>a</sup>	2007,22± 6,577 <sup>ab</sup>	2717,67± 40,428 <sup>cd</sup>	7,91± 0,045 <sup>b</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	9	0,054±0,019 <sup>a</sup>	12,17 ± 0,247 <sup>de</sup>	3,77± 0,033 <sup>a</sup>	2007,78± 6,577 <sup>ab</sup>	2828,11± 40,428 <sup>d</sup>	7,93± 0,045 <sup>b</sup>

Donde:T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: (3 mediciones\*3 biorreactores=9); AT: acidez titulable (%); °Brix: (%); pH: potencial de hidrógeno; TDS: sólidos disueltos totales (ppm);  $\sigma$ : conductividad (mS/cm); Alc: alcohol (%).

Letras diferentes (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l) en la misma columna expresan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los días de fermentación.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

#### 11.4. Análisis fisicoquímicos post - fermentación

En la Tabla 11, se demuestran los resultados del modelo lineal general (GLM) en función de sus variables dependientes y sus factores:

A: Tratamiento

B: Tiempo

Variables dependientes: acidez, °Brix, pH, Conductividad, TDS, alcohol.

Después del embotellado, el análisis GLM mostró que la acidez estuvo influenciada tanto por el tratamiento como por el tiempo ( $p = 0,0274$ ;  $p = 0,0000$ ), confirmando la variabilidad que los ingredientes y la maduración aportan a la percepción ácida, lo cual se ha observado previamente en frutos fermentados (Choudhary et al., 2024).

Los °Brix, presentaron efectos significativos del tiempo y de la interacción tratamiento\*tiempo ( $p = 0,2200$ ;  $p = 0,0000$ ), lo que refleja cambios dinámicos de concentración durante la maduración, similar a lo descrito en vinos de frutas Piccardo et al., (2019).

El pH varió únicamente con el tiempo ( $p = 0,0000$ ), indicando procesos de acidificación progresiva, fenómeno reportado en almacenamiento de frutas y vinos fermentados Piccardo et al., (2019).

La conductividad fue significativamente afectada por el tratamiento y el tiempo ( $p = 0,0000$ ;  $p = 0,0005$ ), sugiriendo variaciones en la concentración de iones, un comportamiento similar al observado mediante monitoreo eléctrico durante fermentación enológica (Piccardo et al., 2019). Los TDS fueron influenciados significativamente por el tratamiento, el tiempo y su interacción ( $p = 0,0000$ ), evidenciando una dinámica fermentativa variable similar a lo reportado por Piccardo Ezeora et al., (2024).

El alcohol se vio influenciado exclusivamente por el tratamiento ( $p = 0,0000$ ), lo cual coincide con estudios que asocian la formulación inicial con el contenido alcohólico final (Ezeora et al., 2024).

**Tabla 11.** Resultados del modelo lineal general (GLM), después de la fermentación de la bebida a base de coproductos de café

<b>Variable</b>	<b>Factor significativo</b>	<b>P-valor</b>	<b>Interpretación</b>
Acidez	Tratamiento tiempo	0,0274 0,0000	Ambos factores influyen en la acidez, sin interacción significativa.
SST	tiempo Tratamiento*tiempo	0,2200 0,0000	El tiempo y la combinación tratamiento*tiempo afectan el SST.
pH	tiempo	0,0000	Solo el tiempo influye significativamente en el pH.
Conductividad	Tratamiento tiempo	0,0000 0,0005	Ambos factores impactan, pero sin interacción.
TDS	tiempo Tratamiento*tiempo	0,0000 0,0000	Influencia clara del tiempo y su interacción con tratamiento.
Alcohol	Tratamiento	0,0000	El tratamiento afecta significativamente la producción de alcohol.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025).

#### **11.4.1. Acidez titulable**

En la Tabla 12, se observa una variación significativa en los parámetros fisicoquímicos entre tratamientos. La acidez titulable presentó diferencias significativas entre los tratamientos, T<sub>5</sub> (mucilago+semilla con azúcar morena) y T<sub>4</sub> (mucilago+semilla con azúcar blanca) presentaron los niveles más altos, lo que podría estar relacionado con una mayor formación de ácidos orgánicos, posiblemente por una fermentación más activa o prolongada.

En la Tabla 13, la acidez se incrementó de 0,55 % día (1) a 0,62 % día (31), lo que indica una acidificación progresiva durante la etapa post-fermentativa. Este comportamiento puede atribuirse a la actividad de microorganismos residuales, así como a procesos de oxidación o hidrólisis de compuestos orgánicos. Kiribhaga et al. (2020), reportaron un aumento significativo de la acidez durante el almacenamiento de vinos de plátano, relacionándolo con la generación de ácidos orgánicos secundarios que mejoran la conservación y la calidad sensorial de la bebida. De forma similar, (Guérit et al., 2022) señalaron que un aumento en la acidez es común en bebidas

fermentadas almacenadas y contribuye a un entorno menos favorable para el desarrollo de microorganismos indeseables.

#### **11.4.2. °Brix**

En la Tabla 12, en cuanto a los °Brix el T<sub>4</sub> (mucilago+ semilla con azúcar blanca) y T<sub>5</sub> (mucilago+ semilla con azúcar morena) alcanzaron los valores más altos (10,41 % y 9,77 %) respectivamente, lo que indica una mayor concentración de azúcares residuales o compuestos no fermentados, posiblemente por una fermentación incompleta o un menor consumo de azúcares por parte de las levaduras. Esto concuerda con lo descrito por Pérez et al., (2023), quienes sugieren que la matriz del sustrato y su capacidad amortiguadora pueden alterar el metabolismo de los microorganismos durante el proceso.

En la Tabla 13, En cuanto a los °Brix, se observó una disminución significativa, de 11,52 % día (1) a 6,78 % día (31). Este cambio puede deberse al consumo de azúcares residuales por levaduras o bacterias aún presentes, así como a la sedimentación natural de compuestos insolubles. Tassone et al., (2023), en un estudio sobre bebidas funcionales fermentadas, evidenciaron que los °Brix tienden a disminuir significativamente durante el almacenamiento como consecuencia de la estabilización físico-química del sistema y la clarificación natural que ocurre en ausencia de agitación.

En la Figura 1, se observa que, para todos los tratamientos, los valores de °Brix disminuyen del tiempo t<sub>1</sub> (después del embotellado) al tiempo t<sub>2</sub> (luego de un mes de almacenamiento). Durante t<sub>1</sub>, los tratamientos presentan valores de °Brix entre aproximadamente 10,5 y 13,2 lo cual refleja una concentración considerable de azúcares solubles presentes inmediatamente después de la fermentación.

Después de un mes de almacenamiento (t<sub>2</sub>), los valores disminuyen en todos los tratamientos, ubicándose entre aproximadamente 6,0 y 8,2 °Brix. Esta reducción sugiere un consumo de azúcares residuales o una posible clarificación del vino que redujo los compuestos solubles. Este comportamiento ha sido descrito por Tassone et al., (2023), quienes afirman que los °Brix tienden

a disminuir durante el almacenamiento debido a la sedimentación natural de solutos y la evolución del perfil químico de la bebida.

Destaca que el tratamiento T<sub>4</sub> mantiene el valor más alto en t<sub>2</sub>, lo que podría indicar una formulación con mayor contenido inicial de azúcares o menor actividad microbiológica post-embotellado. Esta interacción significativa entre tratamiento y tiempo revela que la formulación influye en la velocidad o magnitud de la pérdida de sólidos solubles.

### **11.4.3. pH**

En la Tabla 12 en cuantos al pH todos los tratamientos no presentaron diferencias significativas entre los mismos (3,45–3,53), lo cual es esperable en bebidas fermentadas y esencial para la estabilidad microbiológica del producto (Čakar et al., 2024).

En la Tabla 13, el pH disminuyó de 3,77 día (1) a 3,20 día (31), comportamiento coherente con el aumento de acidez observado. Según Guérit et al., (2022), este descenso del pH es característico en bebidas frutales fermentadas almacenadas, y favorece la estabilidad microbiológica del producto. Además, un pH menor a 3,5 es considerado ideal para prolongar la vida útil de bebidas sin conservantes añadidos, ya que dificulta el crecimiento de bacterias contaminantes.

### **11.4.4. TDS**

En la Tabla 12, los tratamientos con (mucilago + semilla con azúcar blanca) (T<sub>4</sub>: 1407,61 ppm) y (cáscara + mucilago + semilla con panela) (T<sub>9</sub>: 1397,44 ppm) presentaron los valores más altos de TDS, mientras que los valores más bajos se observaron en cáscara (azúcar morena) (T<sub>2</sub>: 1223,72 ppm) y fruto (azúcar morena) (T<sub>8</sub>: 1229,72 ppm). Estas diferencias reflejan una mayor concentración de compuestos solubles como azúcares, ácidos y minerales en ciertas combinaciones de materia prima y tipo de endulzante, posiblemente relacionadas con la capacidad de retención de sólidos del sustrato y su interacción con el proceso fermentativo (Čakar et al. 2024).

En la Tabla 13, los sólidos disueltos totales (TDS) pasaron de 2008 ppm día (1) a 674,88 ppm día (31), lo cual refleja una clarificación notable del vino. Este comportamiento ha sido descrito por Kiribhaga et al., 2020), quienes explican que durante el almacenamiento de vinos frutales se

produce una precipitación espontánea de taninos, proteínas y otros compuestos coloidales, lo que mejora la estabilidad del producto y su apariencia visual. La disminución de los TDS puede interpretarse como una señal de madurez y calidad del vino.

La Figura 7, muestra que los valores de TDS también disminuyen del tiempo  $t_1$  al tiempo  $t_2$ , aunque la diferencia entre ambos momentos es mucho más marcada que en °Brix. En  $t_1$ , los tratamientos mantienen valores altos y relativamente estables (alrededor de 1900–2000 ppm), lo cual representa la cantidad de sales, azúcares, ácidos y otros sólidos disueltos totales presentes en la bebida justo después del embotellado. En cambio, en  $t_2$ , los valores de TDS caen drásticamente en todos los tratamientos, bajando a rangos que van desde aproximadamente 600 hasta 850 ppm. Esta fuerte reducción confirma una clarificación sustancial del producto durante el mes de almacenamiento, posiblemente por la precipitación de proteínas, ácidos y sales no estabilizadas, como también lo reportaron Zeleke & (Tsegaye, 2024) en vinos frutales.

Este comportamiento sugiere que la bebida atravesó un proceso de estabilización natural en botella, perdiendo parte de su carga coloidal y mejorando visualmente su limpidez. El patrón de caída similar en todos los tratamientos indica que el tiempo de almacenamiento tuvo un efecto dominante sobre el contenido de TDS, por encima de las diferencias formulativas.

#### **11.4.5. Conductividad**

En la Tabla 12 cuanto, a la conductividad, los valores más altos se registraron en cáscara con panela ( $T_3$ : 2839,11 mS/cm) y con cáscara + mucílago + semilla ( $T_9$ : 2798,94 mS/cm), lo que evidencia una mayor concentración iónica, principalmente atribuida a los minerales aportados por la panela. Por el contrario, el tratamiento mucílago + semilla (azúcar blanca) ( $T_4$ : 2150,5 mS/cm) mostró el valor más bajo, lo que confirma que los azúcares refinados presentan menor capacidad de aporte de electrolitos al medio. Este comportamiento concuerda con lo descrito por (Čakar et al. 2024), quienes destacan que la panela contiene niveles superiores de potasio, calcio y magnesio respecto a otros azúcares, afectando directamente la conductividad del sistema fermentativo

En la Tabla 13, la conductividad eléctrica se mantuvo relativamente constante, bajando levemente de 2538,49 mS/cm día (1) a 2486,75 mS/cm día (31), mostrando diferencias significativas. Este

parámetro está asociado a la cantidad de sales y minerales en solución. Tassone et al., (2023) indican que, en vinos correctamente estabilizados, la conductividad no suele variar significativamente durante el almacenamiento, ya que los iones solubles se mantienen en equilibrio a lo largo del tiempo.

#### **11.4.6. Alcohol**

En la Tabla 12, cuanto, al contenido de alcohol, el tratamiento T<sub>1</sub> (cáscara con azúcar blanca) presentó el valor más alto (8,01 %), seguido muy de cerca por T<sub>4</sub> (mucilago + semilla con azúcar blanca, 8,00 %) y T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub> (mucilago+ semilla con panela), (cascara + mucilago+ semilla con panela), (7,97 %). Esto sugiere que la combinación de azúcar blanca con cáscara o mucilago + semilla favorece una mayor producción de etanol, posiblemente debido a una mejor disponibilidad de azúcares fermentables simples, como lo indican (Luise,2022), quienes afirman que la sacarosa refinada puede ser más fácilmente metabolizada por las levaduras durante la fermentación alcohólica. Por otro lado, el tratamiento T<sub>2</sub> (cáscara con azúcar morena) registró el menor contenido alcohólico (7,69 %), lo cual podría atribuirse a una menor eficiencia en la fermentación, tal vez por la presencia de compuestos fenólicos la azúcar morena que inhiben la actividad microbiana, como lo han descrito (Salas et al., 2022).

En la Tabla 13, el contenido de alcohol presentó incremento durante el periodo de almacenamiento, pasando de 7,85 % el día (1) a 7,98 % al día (31). Este aumento, aunque pequeño, indica que la fermentación alcohólica no se detuvo por completo al momento del embotellado, lo que sugiere una posible actividad fermentativa residual en presencia de azúcares permanentes. Situaciones similares han sido reportadas por Pérez et al. (2023), quienes señalan que, en ausencia de estabilización térmica o química, pueden producirse ligeros incrementos en el etanol debido a la acción prolongada de levaduras viables. Este comportamiento resalta la importancia de controlar las condiciones de almacenamiento para evitar sobrefermentación o variaciones en el perfil del producto final.

**Tabla 12.** Análisis fisicoquímicos post- fermentación de la bebida fermentada (LSM  $\pm$  error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo

Productos	T	n	AT (%)	°Brix (%)	pH	TDS (ppm)	$\sigma$ (mS/cm)	Alc (%)
(CB)	T <sub>1</sub>	18	0,6 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	9,66 $\pm$ 0,150 <sup>c</sup>	3,52 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1397,0 $\pm$ 3,840 <sup>b</sup>	2350,28 $\pm$ 27,058 <sup>b</sup>	8,01 $\pm$ 0,035 <sup>c</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	18	0,54 $\pm$ 0,010 <sup>a</sup>	8,65 $\pm$ 0,150 <sup>a</sup>	3,47 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1223,72 $\pm$ 3,840 <sup>a</sup>	2440,28 $\pm$ 27,058 <sup>bc</sup>	7,69 $\pm$ 0,035 <sup>a</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	18	0,56 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	8,35 $\pm$ 0,150 <sup>a</sup>	3,45 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1396,72 $\pm$ 3,840 <sup>b</sup>	2839,11 $\pm$ 27,058 <sup>c</sup>	7,93 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	18	0,60 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	10,41 $\pm$ 0,150 <sup>d</sup>	3,51 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1407,61 $\pm$ 3,840 <sup>b</sup>	2150,5 $\pm$ 27,058 <sup>a</sup>	8,00 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	18	0,61 $\pm$ 0,010 <sup>b</sup>	9,77 $\pm$ 0,150 <sup>cd</sup>	3,48 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1230,5 $\pm$ 3,840 <sup>a</sup>	2353,33 $\pm$ 27,058 <sup>b</sup>	7,89 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	18	0,6 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	8,668 $\pm$ 0,150 <sup>a</sup>	3,47 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1396,61 $\pm$ 3,840 <sup>b</sup>	2550,39 $\pm$ 27,058 <sup>c</sup>	7,97 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	18	0,58 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	8,71 $\pm$ 0,150 <sup>ab</sup>	3,53 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1396,0 $\pm$ 3,840 <sup>b</sup>	2473,28 $\pm$ 27,058 <sup>bc</sup>	7,85 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	18	0,59 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	8,79 $\pm$ 0,150 <sup>ab</sup>	3,48 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1229,72 $\pm$ 3,840 <sup>a</sup>	2693,5 $\pm$ 27,058 <sup>d</sup>	7,95 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	18	0,57 $\pm$ 0,010 <sup>ab</sup>	9,35 $\pm$ 0,150 <sup>bc</sup>	3,47 $\pm$ 0,018 <sup>a</sup>	1397,44 $\pm$ 3,840 <sup>b</sup>	2798,94 $\pm$ 27,058 <sup>de</sup>	7,97 $\pm$ 0,035 <sup>bc</sup>

Donde:T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucílago + semilla con azúcar blanca), MM (mucílago + semilla con azúcar morena); MP (mucílago + semilla con panela); TB (cáscara + mucílago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucílago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucílago+semilla con panela); tratamientos (T1-T9); n: número de muestras; AT: acidez titulable (%); SST: sólidos solubles totales (%); pH: potencial de hidrógeno; TDS: sólidos disueltos totales (ppm);  $\sigma$ : conductividad (mS/cm); Alc: alcohol (%)

Letras diferentes (a, b, c, d, e) en la misma columna expresan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

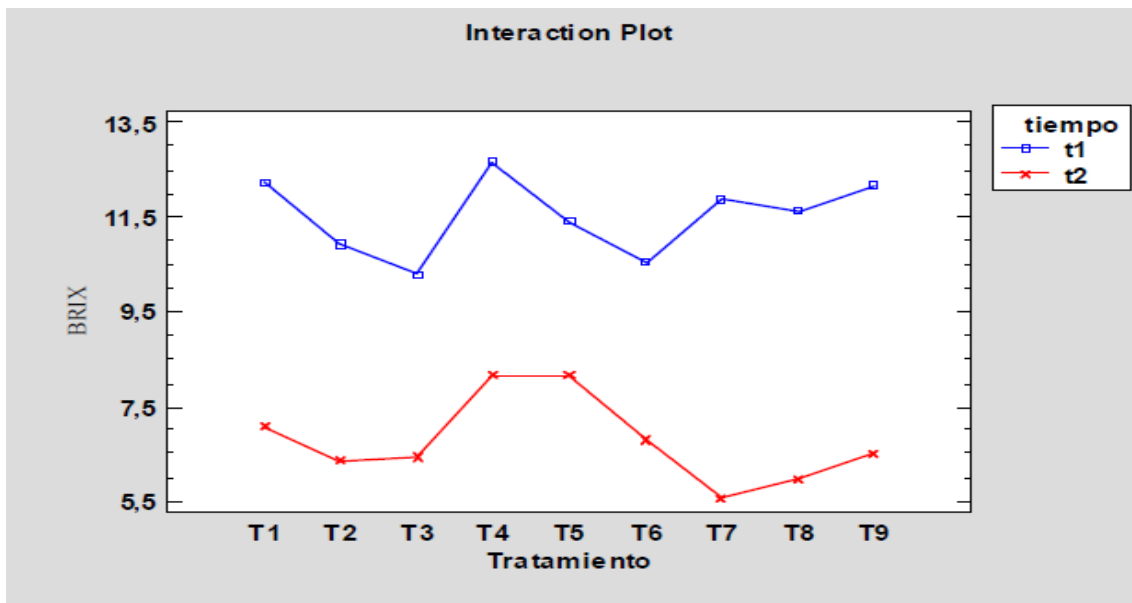
**Tabla 13.** Análisis fisicoquímicos post- fermentación de la bebida fermentada a base de coproductos de café (LSM  $\pm$  error estándar) de los tratamientos en función del tiempo

<b>Tiempo (días)</b>	<b>n</b>	<b>A (%)</b>	<b>SST (%)</b>	<b>pH</b>	<b>TDS (ppm)</b>	<b><math>\sigma</math> (mS/cm)</b>	<b>Alc (%)</b>
<b>1</b>	81	0,55 $\pm$ 0,006 <sup>a</sup>	11,52 $\pm$ 0,070 <sup>b</sup>	3,77 $\pm$ 0,008 <sup>b</sup>	2008 $\pm$ 1,810 <sup>b</sup>	2538,49 $\pm$ 12,755 <sup>b</sup>	7,85 $\pm$ 0,015 <sup>a</sup>
<b>31</b>	81	0,62 $\pm$ 0,006 <sup>b</sup>	6,78 $\pm$ 0,070 <sup>a</sup>	3,20 $\pm$ 0,008 <sup>a</sup>	674,88 $\pm$ 1,810 <sup>a</sup>	2486,75 $\pm$ 12,755 <sup>a</sup>	7,98 $\pm$ 0,015 <sup>b</sup>

Donde: n: número de muestras; A: acidez titulable (%); SST: sólidos solubles totales (%); pH: potencial de hidrógeno; TDS: sólidos disueltos totales (ppm);  $\sigma$ : conductividad (mS/cm); Alc: alcohol (%).

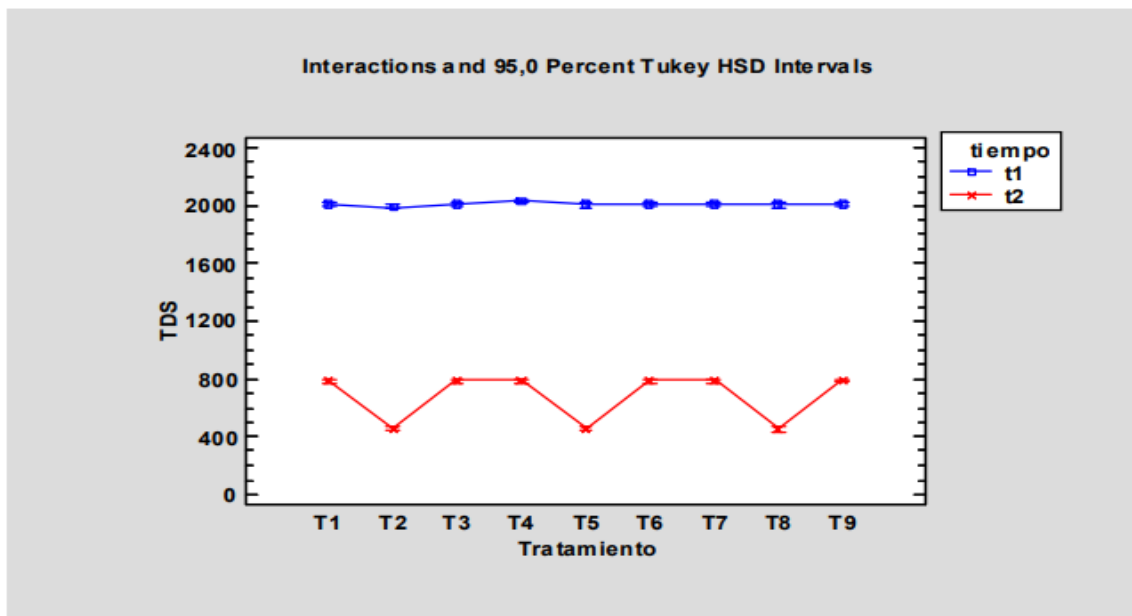
Letras diferentes (a, b,) en la misma columna expresan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)



**Figura 6.** Interacción de los análisis del comportamiento de °Brix de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)



**Figura 7.** Interacción de los análisis del comportamiento de TDS de los diferentes tratamientos en función del tiempo de fermentación

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

### **11.5. Análisis polifenoles en la post-fermentación durante 0 y 30 días**

En la Tabla 14, se observa que el contenido de polifenoles totales, expresado en mg de ácido gálico por 100 ml, varió significativamente entre los tratamientos. El tratamiento T<sub>1</sub>, correspondiente a cáscara con azúcar blanca, presentó el mayor contenido de polifenoles con un valor promedio de 174,65 mg/100 ml. Este resultado puede estar relacionado con la alta concentración de compuestos fenólicos en la cáscara de café, la cual ha sido reportada como una fuente rica en antioxidantes naturales (Aispuro et al., 2025). Por el contrario, el tratamiento T<sub>4</sub>, que incluyó (cáscara + semillas) con azúcar blanca, mostró el valor más bajo de polifenoles (42,73 mg/100 ml), lo cual puede atribuirse a la menor capacidad antioxidante.

Asimismo, se observa que los tratamientos T<sub>3</sub> (cáscara con panela) y T<sub>9</sub> (cáscara + mucílago + semilla con panela) alcanzaron valores relativamente altos (132,88 y 121,00 mg/100 ml), lo que sugiere que la panela podría contribuir positivamente a la retención o incluso liberación de polifenoles durante la fermentación, como lo indican estudios recientes sobre su riqueza en compuestos bioactivos (Colina et al., 2012).

En cuanto al efecto del almacenamiento Tabla 15, se aprecia una ligera pero significativa variación en el contenido de polifenoles tras 31 días de embotellado, pasando de 100,58 mg/100 ml en el día 1 a 109,02 mg/100 ml en el día 31. Esta tendencia ha sido reportada en otras matrices fermentadas, donde el almacenamiento puede provocar fenómenos como la liberación progresiva de compuestos fenólicos ligados a estructuras macromoleculares, especialmente en bebidas como el vino y productos a base de café (Paško et al., 2024). Estos resultados permiten concluir que el tipo de materia prima y el edulcorante utilizado influyen considerablemente en la concentración final de polifenoles en las bebidas fermentadas, y que el almacenamiento puede modificar la disponibilidad de estos compuestos, dependiendo de las condiciones y del tipo de matriz alimentaria.

**Tabla 14.** Determinación de polifenoles en la bebida fermentada (LSM  $\pm$  error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo

Productos	Tratamientos	n	Polifenoles (mg Ac. gálico/ 100 ml)
(CB)	T <sub>1</sub>	6	174,65 $\pm$ 5,069 <sup>f</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	6	113,25 $\pm$ 5,069 <sup>cde</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	6	132,88 $\pm$ 5,069 <sup>e</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	6	42,73 $\pm$ 5,069 <sup>a</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	6	69,80 $\pm$ 5,069 <sup>b</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	6	90,37 $\pm$ 5,069 <sup>bc</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	6	102,52 $\pm$ 5,069 <sup>cd</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	6	95,67 $\pm$ 5,069 <sup>c</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	6	121,00 $\pm$ 5,069 <sup>de</sup>

Donde:T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: (3 muestras \*2 tiempos)

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

**Tabla 15.** Determinación de polifenoles en la bebida fermentada (LSM  $\pm$  error estándar) y sus diferencias por tratamiento en función del tiempo

Tiempo (días)	n	Polifenoles (mg Ac. gálico/ 100 ml)
<b>1</b>	27	100, 58 $\pm$ 2,389 <sup>a</sup>
<b>31</b>	27	109, 02 $\pm$ 2,389 <sup>b</sup>

Donde: n: (9 tratamientos\*3muestras);

Eaborado por: Chimborazo &Pazmiño (2025)

## 11.6. Microbiología

En la Tabla 16, se observa los análisis microbiológicos se evidenciaron que todos los tratamientos presentaron niveles de *Escherichia coli* inferiores a  $1 \times 10^1$  UFC/mL. Esto indica una adecuada higiene durante la elaboración y el cumplimiento de los límites establecidos por la NTE INEN 1529-7, (2013), que exige ausencia o valores menores a 10 UFC/mL para este tipo de bebidas, lo que garantiza la inocuidad del producto final. Además, estos resultados cumplen conforme a Baggini, (2024), que exige la ausencia total de coliformes fecales por gramo en bebidas alcohólicas fermentadas. La FAO, (2020) señala que la presencia de *E. coli* es un indicador clave de

contaminación fecal, por lo que su ausencia es esencial para garantizar la inocuidad del producto, lo cual cumple con la normativa.

En cuanto a los aerobios mesófilos, los recuentos oscilaron entre  $0,3 \times 10^1$  y  $1 \times 10^1$  UFC/mL, encontrándose todos los tratamientos dentro del rango permitido por (NTE INEN 1529-5, 2006) las cuales establecen un límite máximo de  $1 \times 10^1$  UFC/mL para bebidas alcohólicas listas para el consumo. Estos resultados indican que no hubo una proliferación significativa de bacterias durante el proceso fermentativo ni posterior al embotellado, lo cual se asocia con un manejo adecuado de las condiciones de fermentación y almacenamiento.

Asimismo, los valores obtenidos para mohos y levaduras variaron entre  $0,3 \times 10^1$  y  $0,9 \times 10^1$  UP/mL, manteniéndose también dentro del límite permitido ( $< 1 \times 10^1$  UP/mL), de acuerdo con la (NTE INEN 1529-10:98, 1994), su control adecuado indica que el proceso fue eficiente y el sellado de los envases, así como las condiciones de conservación, fueron las apropiadas.

**Tabla 16.** Análisis microbiológicos de la bebida después de un mes de maduración

Producto	T	n	<i>E.coli</i> (UFC)	Aerobios mesófilos (UFC)	Mohos y Levaduras (UP)
(CB)	T <sub>1</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$1 \times 10^1$	$0,3 \times 10^1$
(CM)	T <sub>2</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$
(CP)	T <sub>3</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$
(MB)	T <sub>4</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,3 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$
(MM)	T <sub>5</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$
(MP)	T <sub>6</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,3 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$
(TB)	T <sub>7</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,9 \times 10^1$	$0,3 \times 10^1$
(TM)	T <sub>8</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,61 \times 10^1$	$0,3 \times 10^1$
(TP)	T <sub>9</sub>	3	$< 1 \times 10^1$	$0,3 \times 10^1$	$0,6 \times 10^1$

Donde: T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: número de muestras; UFC: unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra; UP: unidades de porocidad (UP). Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

## 11.7. Perfil sensorial

### 11.7.1. Perfil de apariencia

En la Tabla 17, se presentan los resultados del modelo lineal general (GLM) en función de sus variables dependientes y sus factores:

A: tipo de vino

B: Género

C: Edad

Variables dependientes: Color, Brillo, Limpieza, Transparencia, Cuerpo.

El perfil sensorial de apariencia se evaluó con base en cinco atributos: color, brillo, limpieza, transparencia y cuerpo. Según el análisis estadístico (GLM), el color fue influenciado significativamente por el tipo de vino, género y edad ( $p = 0,0309; 0,0108; 0,0278$ ), lo que sugiere que estos factores afectan la percepción visual de los evaluadores, tal como afirman García et al., (2017), quienes indican que el color es una característica crítica en la aceptación inicial de bebidas fermentadas. El brillo, limpieza y cuerpo también mostraron diferencias significativas por género y edad, con  $p$ -valores menores a 0,05, reflejando una variabilidad perceptual según el perfil del consumidor. Por ejemplo, el brillo se asoció con diferencias demográficas de género y edad ( $p = 0,0144; 0,0160$ ), y la limpieza mostró sensibilidad por género y edad ( $p = 0,0079; 0,0210$ ), respaldado por Liu et al., (2022), quienes destacan que factores sociodemográficos modifican la valoración visual de productos alimenticios.

La transparencia fue influida solamente por el género ( $p = 0,0163$ ), mientras que la percepción del cuerpo también varió por género y edad ( $p = 0,0015; 0,0018$ ), lo que concuerda con García et al., (2017), quienes señalan que el cuerpo de una bebida está ligado a la viscosidad visual, percibida de forma diferente entre hombres y mujeres.

**Tabla 17.** Resultados de modelo lineal general (GLM), de la apariencia de la bebida fermentada

<b>Variable</b>	<b>Factor significativo</b>	<b>P-valor</b>	<b>Interpretación</b>
Color	Tipo vino	0,0309	Estos tres factores afectan la percepción del color
	Género	0,0108	
	Edad	0,0278	
Brillo	Género	0,0144	Cambios atribuibles a diferencias demográficas
	Edad	0,0160	
Limpieza	Género	0,0079	Fuerte sensibilidad por género y grupo etario
	Edad	0,0210	
Transparencia	Género	0,0163	Solo género influye de forma significativa
Cuerpo	Género	0,0015	Influencia clara en la percepción de cuerpo
	Edad	0,0018	

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

Respecto a los tratamientos, los resultados de la

Producto	T	n	Apariencia
(CB)	T1	12	7,15 ± 0,546b
(CM)	T2	12	6,5 ± 0,546ab
(CP)	T3	12	6,7 ± 0,546ab
(MB)	T4	12	7,65 ± 0,546b
(MM)	T5	12	6,65 ± 0,546ab
(MP)	T6	12	4,0 ± 0,546 <sup>a</sup>
(TB)	T7	12	6,8 ± 0,546ab
(TM)	T8	12	7,25 ± 0,546b
(TP)	T9	12	5,85 ± 0,546ab
<b>Género</b>			
Femenino			5,61 ± 0,182 <sup>a</sup>
Masculino			7,39 ± 0,433b

Tabla 18, de apariencia mostraron que los tratamientos T<sub>4</sub> (mucilago + semilla con azúcar blanca) y T<sub>8</sub> (cáscara + mucilago +semilla con azúcar morena) alcanzaron los valores más altos (7,65 y 7,25), indicando una mejor aceptación visual entre los evaluadores entrenados. Esto podría deberse a que estos tratamientos presentaron colores más intensos y brillantes, como lo menciona (García et al., 2017), quienes concluyen que el uso de ingredientes como azúcar blanca y morena puede mejorar el aspecto visual de bebidas fermentadas. Por otro lado, el tratamiento T<sub>6</sub> (mucilago + semilla con panela) obtuvo la menor puntuación (4,0), posiblemente debido a una apariencia más turbia o menos atractiva, lo cual concuerda con estudios que asocian coloraciones oscuras o falta de brillo con menor aceptación sensorial Vargas, (2016). Además, se observó que el género influyó en la percepción general de apariencia los hombres calificaron con mayor puntuación (7,39) en comparación con las mujeres (5,61), mostrando una diferencia significativa. Esto refuerza lo señalado por Luo et al., (2020), quienes explican que los hombres tienden a ser menos exigentes visualmente en comparación con las mujeres en productos nuevos o artesanales.

**Tabla 18.** Resultados del perfil de apariencia de la bebida fermentada

<b>Producto</b>	<b>T</b>	<b>n</b>	<b>Apariencia</b>
(CB)	T <sub>1</sub>	12	7,15 ± 0,546 <sup>b</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	12	6,5 ± 0,546a <sup>b</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	12	6,7 ± 0,546a <sup>b</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	12	7,65 ± 0,546 <sup>b</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	12	6,65 ± 0,546a <sup>b</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	12	4,0 ± 0,546 <sup>a</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	12	6,8 ± 0,546a <sup>b</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	12	7,25 ± 0,546 <sup>b</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	12	5,85 ± 0,546a <sup>b</sup>
<b>Género</b>			
Femenino			5,61 ± 0,182 <sup>a</sup>
Masculino			7,39 ± 0,433 <sup>b</sup>

Donde:T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: número de jueces evaluados

Escala hedónica 1-9: (1) extremadamente desagradable ,(2) muy desagradable ,(3) bastante desagradable,(4) desagradable, (5) ni desagradable ni agradable ,(6)agradable ,(7)bastante agradable ,(8)muy agradable ,(9)extremadamente agradable

Letras diferentes (a, b) en la misma columna expresan diferencia significativa (p<0.05) entre los tratamientos.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

#### 1.1.1.1. Perfil de olor

En la Tabla 19, se presentan los resultados del modelo lineal general (GLM) en función de sus variables dependientes y sus factores:

A: Tipo de vino

B: Género

C: Edad

Variables dependientes: olor frutal, balance y armonía, persistencia aromática global

Las tres variables sensoriales evaluadas olor frutal, balance y armonía, y persistencia aromática global presentaron diferencias estadísticamente significativas en función del género y la edad de los evaluadores. En el caso del olor frutal, tanto el género ( $p = 0,0004$ ) como la edad ( $p = 0,0009$ ) influyeron de manera significativa, lo que indica que la percepción del aroma varía entre hombres y mujeres, así como entre distintos grupos etarios. Lo mismo ocurre con el balance y armonía del aroma, donde se evidencian diferencias marcadas según género ( $p = 0,0001$ ) y edad ( $p = 0,0002$ ), lo que sugiere que algunos grupos perciben el olor como más equilibrado que otros.

En cuanto a la persistencia aromática global, también se observaron efectos significativos del género ( $p = 0,0003$ ) y de la edad ( $p = 0,0013$ ), lo que significa que la duración del aroma fue percibida de forma distinta según estas variables. Estos resultados demuestran que las características sensoriales del producto no son percibidas de igual manera por todos los consumidores y que factores como la edad y el sexo tienen un papel importante en la valoración del aroma.

**Tabla 19.** Resultados de modelo lineal general (GLM), perfil de olor en la bebida fermentada

<b>Variable</b>	<b>Factor significativo</b>	<b>P-valor</b>	<b>Interpretación</b>
Olor frutal	Género Edad	0,0004 0,0009	Género y edad influyen significativamente en la percepción del olor frutal
Balance y armonía	Género Edad	0,0001 0,0002	Diferencias notables según género y grupo etario
Persistencia aromática global	Género Edad	0,0003 0,0013	Efectos significativos del género y la edad en la duración del aroma

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

En la Tabla 20, se muestran los resultados del análisis sensorial del atributo olor, evaluado por 12 jueces entrenados. Los valores obtenidos para los nueve tratamientos oscilaron entre 5,2 y 6,75, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos, ya que todos comparten la misma letra superíndice. El tratamiento con mayor aceptación fue el T<sub>4</sub> (mucilago + semilla con azúcar blanca), que alcanzó un puntaje de 6,75, seguido por los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>7</sub> (cáscara con azúcar blanca) y

(cáscara + mucilago + semilla), ambos con 6,55. Esto sugiere que las formulaciones elaboradas con azúcar blanca tienden a resaltar mejor las características aromáticas del producto. Según (Katerine & Lizarazo, 2022), el azúcar blanca, al ser un disacárido altamente purificado, no aporta compuestos aromáticos propios, pero facilita la liberación de metabolitos volátiles producidos durante la fermentación alcohólica, mejorando el perfil olfativo de bebidas fermentadas.

En el extremo opuesto, el tratamiento T<sub>6</sub> (mucilago + semilla con panela) obtuvo la calificación más baja (5,2), lo que podría deberse a que la panela introduce notas menos agradables o más intensas que interfieren con el perfil aromático esperado. Este fenómeno ha sido descrito por Michon et al., (2009), quienes mencionan que los azúcares no refinados como la panela pueden generar compuestos pesados durante la fermentación, como melanoidinas, que modifican negativamente la percepción sensorial del aroma.

Respecto al análisis por género, se evidenciaron diferencias significativas. Las mujeres otorgaron una media de 4,75, mientras que los hombres calificaron el olor con una media de 7,52, lo que demuestra una percepción más intensa o mayor aceptación del aroma por parte del público masculino. Esto concuerda con lo señalado por (Urán, 2022) quienes destacan que la percepción sensorial puede variar significativamente entre géneros debido a factores fisiológicos, umbral olfativo y experiencias sensoriales previas.

Estos resultados reflejan que, si bien no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, sí existe una tendencia clara de preferencia hacia las formulaciones con azúcar blanca, y una variabilidad importante en la percepción del olor según el género del evaluador, lo cual es relevante al momento de diseñar productos dirigidos a un público específico. Además, se refuerza la importancia de considerar factores demográficos en los estudios sensoriales, como lo recomiendan Wagner & Steiner, (2024), especialmente cuando se trabaja con productos fermentados de perfil aromático complejo.

**Tabla 20.** Resultados del perfil de Olor de la bebida fermentada

<b>Producto</b>	<b>T</b>	<b>n</b>	<b>Olor</b>
(CB)	T <sub>1</sub>	12	6,55 ± 0,500 <sup>a</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	12	6,05 ± 0,500 <sup>a</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	12	6,2 ± 0,500 <sup>a</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	12	6,75 ± 0,500 <sup>a</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	12	5,9 ± 0,500 <sup>a</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	12	5,2 ± 0,500 <sup>a</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	12	6,55 ± 0,500 <sup>a</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	12	6,25 ± 0,500 <sup>a</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	12	5,8 ± 0,500 <sup>a</sup>
<b>Género</b>			
Femenino			4,75 ± 0,166 <sup>a</sup>
Masculino			7,52 ± 0,396 <sup>b</sup>

Donde:T: tratamientos (T1–T9); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucílago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucílago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucílago+semilla con panela); n: jueces evaluados

Escala hedónica 1-9: (1) extremadamente desagradable ,(2) muy desagradable ,(3) bastante desagradable,(4) desagradable, (5) ni desagradable ni agradable ,(6)agradable ,(7)bastante agradable ,(8)muy agradable ,(9)extremadamente agradable

Letras diferentes (a) no hay diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

### 1.1.1.2. Perfil de sabor

En la Tabla 21, se presentan los resultados del modelo lineal general (GLM) en función de sus variables dependientes y sus factores:

A: Tipo de vino

B: Género

C: Edad

Variables dependientes: Dulzor, acidez, cuerpo (sabor), astringencia, balance y armonía, picor

Se analiza que todas las variables sensoriales evaluadas dulzor, acidez, cuerpo (sabor), astringencia, balance y armonía, y picor presentaron diferencias estadísticamente significativas en función del género y la edad de los evaluadores. En el caso del dulzor, además del género ( $p = 0,0000$ ) y la edad ( $p = 0,0001$ ), también se identificó un efecto significativo del tipo de vino ( $p = 0,0013$ ), lo que indica que la percepción de este atributo se ve influenciada tanto por las características del producto como por el perfil del catador.

En cuanto a la acidez, aunque el tipo de vino no tuvo un efecto relevante, sí se evidenciaron diferencias según el género ( $p = 0,0001$ ) y la edad ( $p = 0,0005$ ), sugiriendo que este atributo ácido fue interpretado de forma distinta entre los grupos. Para el cuerpo o intensidad del sabor, también se observaron efectos significativos del género ( $p = 0,0006$ ) y la edad ( $p = 0,0029$ ), lo cual se repite en la astringencia ( $p = 0,0002$  y  $p = 0,0044$ ), reflejando diferencias de sensibilidad o tolerancia.

Lo mismo ocurre con las variables de balance y armonía ( $p = 0,0006$  y  $0,0001$ ) y picor ( $p = 0,0001$  y  $0,0011$ ), donde se destaca nuevamente la influencia del sexo y la edad. Estos hallazgos respaldan la idea de que los atributos sensoriales no son percibidos de forma homogénea por todos los consumidores, y concuerdan con lo señalado por Olofsson & Steven, (2004), quienes afirman que factores fisiológicos, umbrales sensoriales y experiencias previas pueden modificar la percepción gustativa entre individuos.

**Tabla 21 .** Resultados de modelo lineal general (GLM) perfil de sabor

Variable	Factor significativo	P-valor	Interpretación
Dulzor	Tipo vino, Género, Edad	0,0013 0,0000 0,0001	Todos los factores afectan la percepción de dulzor.
Acidez	Género, Edad	0,0001 0,0005	No hay efecto del tipo de vino, género y edad influyen en la percepción de acidez.
Cuerpo (Sabor)	Género, Edad	0,0006 0,0029	Género y edad afectan significativamente, no así el tipo de vino.
Astringencia	Género, Edad	0,0002 0,0044	Fuerte efecto de género y edad sobre la astringencia.
Balance y armonía	Género, Edad	0,0006 0,0023	Atributo influido por género y edad
Picor	Género, Edad	0,0001 0,0011	Ambos factores impactan significativamente

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

En la Tabla 22, se presentan los resultados de la evaluación del perfil sensorial del atributo de sabor, evaluado por jueces entrenados. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos, lo que indica que el tipo de coproducto de café y el tipo de edulcorante influyeron en la percepción del sabor. El tratamiento que obtuvo mayor puntuación fue T<sub>4</sub> (mucilago + semilla con azúcar blanca) con un promedio de 7,5, seguido de T<sub>5</sub> (mucilago + semilla con azúcar morena) con 6,65, lo que indica que las formulaciones a base de mucilago + semilla, especialmente con azúcar blanca, fueron las más apreciadas en cuanto a sabor. Por otro lado, el tratamiento con menor aceptación fue T<sub>1</sub> (cáscara con azúcar blanca), con un valor promedio de 4,4, lo que sugiere que esta combinación resultó menos agradable al paladar. Estos resultados coinciden con lo señalado por Liu et al., (2022), quienes afirman que el tipo de sustrato y edulcorante afectan el perfil gustativo final de los vinos de frutas.

En cuanto al análisis por género, se observó una diferencia significativa, los hombres calificaron el sabor con una media de 7,21, mientras que las mujeres otorgaron un promedio de 4,32, lo que confirma que el género influye significativamente en la percepción del sabor, como ya ha sido reportado por Varela & Ares, (2012), quienes mencionan que factores fisiológicos y experiencias previas pueden modificar la percepción sensorial entre hombres y mujeres.

**Tabla 22.** Resultados del perfil Sabor

<b>Producto</b>	<b>T</b>	<b>n</b>	<b>Sabor</b>
(CB)	T <sub>1</sub>	12	4,4 ± 0,309 <sup>a</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	12	5,05 ± 0,309 <sup>abc</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	12	5,65 ± 0,309 <sup>abc</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	12	7,5 ± 0,309 <sup>d</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	12	6,65 ± 0,309 <sup>cd</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	12	4,85 ± 0,309 <sup>ab</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	12	6,1 ± 0,309 <sup>abcd</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	12	6,2 ± 0,309 <sup>bcd</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	12	5,5 ± 0,309 <sup>abc</sup>
<b>Género</b>			
Femenino			4,32 ± 0,103 <sup>a</sup>
Masculino			7,21 ± 0,244 <sup>b</sup>

Donde: T: tratamientos (T<sub>1</sub>–T<sub>9</sub>); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: jueces evaluados

Escala hedónica 1-9: (1) extremadamente desagradable ,(2) muy desagradable ,(3) bastante desagradable,(4) desagradable, (5) ni desagradable ni agradable ,(6)agradable ,(7)bastante agradable ,(8)muy agradable ,(9)extremadamente agradable

Letras diferentes (a, b,c,d) en la misma columna expresan diferencia significativa (p<0.05) entre los tratamientos  
Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025)

## 11.8. Evaluación sensorial

### 11.8.1. Aceptabilidad

En la Tabla 23, se presenta nueve tratamientos de bebidas fermentadas (T<sub>1</sub>–T<sub>9</sub>) evaluadas por 60 consumidores en cuanto a su aceptabilidad general. El tratamiento T<sub>4</sub> (mucilago + semilla con azúcar blanca) obtuvo la puntuación más alta con 5,98, seguido de cerca por el tratamiento T<sub>5</sub> (mucilago + semilla con azúcar morena) con 5,88, lo que los posiciona como los más aceptados por el panel. Estos tratamientos difirieron estadísticamente del resto (grupo B), mientras que los demás se agruparon en el grupo A, con puntajes que oscilaron entre 4,55 y 4,90, lo que indica

menor aceptación. Este comportamiento sugiere que los consumidores prefirieron bebidas elaboradas con semilla de café y azúcares menos refinados, lo que podría estar relacionado con un perfil sensorial más balanceado y suave, como lo han demostrado estudios previos que indican que la composición de los azúcares y el tipo de sustrato vegetal influyen en la generación de compuestos volátiles y no volátiles durante la fermentación (González, 2021).

Se comprobó mediante análisis estadístico en el software STATGRAPHICS que no hubo diferencia significativa entre consumidores, pero sí entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), respaldando que el tipo de coproducto y el azúcar impactan la percepción sensorial en este tipo de matrices fermentadas.

**Tabla 23.** Puntuaciones de aceptabilidad en la bebida fermentada ( $LMS \pm$  error estándar) y sus diferencias por tratamiento

<b>Producto</b>	<b>T</b>	<b>n</b>	<b>Aceptabilidad</b>
(CB)	T <sub>1</sub>	60	4,88 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>
(CM)	T <sub>2</sub>	60	4,75 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>
(CP)	T <sub>3</sub>	60	4,9 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>
(MB)	T <sub>4</sub>	60	5,98 $\pm$ 0,158 <sup>b</sup>
(MM)	T <sub>5</sub>	60	5,88 $\pm$ 0,158 <sup>b</sup>
(MP)	T <sub>6</sub>	60	4,81 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>
(TB)	T <sub>7</sub>	60	4,55 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>
(TM)	T <sub>8</sub>	60	4,9 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>
(TP)	T <sub>9</sub>	60	4,63 $\pm$ 0,158 <sup>a</sup>

Donde: T: tratamientos (T<sub>1</sub>–T<sub>9</sub>); CB (cáscara con azúcar blanca); CM (cáscara con azúcar morena); CP (cáscara con panela); MB (mucilago + semilla con azúcar blanca), MM (mucilago + semilla con azúcar morena); MP (mucilago + semilla con panela); TB (cáscara + mucilago+semilla con azúcar blanca); TM (cáscara + mucilago+semilla con azúcar morena); TP (cáscara + mucilago+semilla con panela); n: número de consumidores

Escala hedónica 1-9: (1) extremadamente desagradable ,(2) muy desagradable ,(3) bastante desagradable,(4) desagradable, (5) ni desagradable ni agradable ,(6)agradable ,(7)bastante agradable ,(8)muy agradable ,(9)extremadamente agradable.

Letras diferentes (a, b) en la misma columna expresan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

Elaborado por: Chimborazo & Pazmiño (2025).

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **12.1. Social**

El proyecto genera impacto social al fortalecer el vínculo entre universidad y comunidad cafetalera, promoviendo el uso de recursos locales para desarrollar productos innovadores y sostenibles que pueden impulsar el emprendimiento rural.

### **12.2. Ambiental**

La industria del café desecha grandes cantidades de cáscara y mucílago, lo que genera contaminación si no se manejan adecuadamente. Este proyecto propone una solución al transformar estos residuos en una bebida fermentada, reduciendo el impacto ambiental.

### **12.3. Técnico**

Se validó un proceso artesanal de fermentación con análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial, aportando conocimientos técnicos aplicables a nivel local y replicables en otros contextos agroindustriales.

### **12.4. Económico**

El aprovechamiento de coproductos permite a los pequeños productores generar valor agregado y nuevas fuentes de ingreso, mejorando la rentabilidad sin necesidad de grandes inversiones.

## **13. PRESUPUESTO**

Los recursos económicos requeridos para llevar a cabo esta investigación fueron gestionados exclusivamente en el marco del desarrollo de la tesis. Cada uno de los insumos, materiales y servicios utilizados respondió a las necesidades específicas del proceso experimental, desde la recolección y preparación de la materia prima hasta la ejecución de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. A continuación, se presenta el desglose detallado de los costos involucrados en la ejecución del proyecto en la siguiente tabla:

**Tabla 24.** Presupuesto de la investigación

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
Materia Prima (café) (lb)	40	\$0,30	\$ 12,00
Azúcar blanca (kg)	6	\$1,01	\$ 6,06
Azúcar morena (kg)	6	\$1,01	\$ 6,06
Panela (kg)	6	\$1,00	\$ 6,00
Agua potable (botellones de 20 L)	4	\$1,00	\$ 4,00
Levadura seca activa	17	\$0,08	\$ 1,36
Biorreactores plásticos con llave (4 L)	27	\$3,75	\$ 101,25
Mangueras (m)	14	\$0,25	\$ 3,50
paquete de vaso 6 onz	1	\$1,05	\$ 1,05
Papel filtro (pliego)	4	\$0,65	\$ 2,60
Fundas de Ziploc (paquete)	1	\$3,00	\$ 3,00
Papel toalla (rollo)	1	\$1,64	\$ 1,64
Agua destilada (4L)	4	\$3,90	\$ 15,60
Botellas de vidrio ambar con corchos (1L)	54	\$1,25	\$ 67,50
Placas Compacdry analisis microbiologico	33	\$5,93	\$ 195,69
<b>Subtotal</b>			\$ 27,31
<b>Imprevistos (5%)</b>			\$ 21,36
<b>Total</b>			\$ 448,60

Elaborado por: Chimborazo &amp; Pazmiño (2025)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. Conclusiones

- Se logró desarrollar una bebida alcohólica fermentada a partir de coproductos de café robusta (*Coffea canephora*), utilizando combinaciones de (cáscara), (cáscara + mucílago) y (cáscara + mucílago + semillas), con diferentes tipos de endulzantes (azúcar blanca, azúcar morena y panela), lo que evidencia la viabilidad técnica de este proceso.
- Las propiedades fisicoquímicas evaluadas (°Brix, pH, temperatura, conductividad, TDS y porcentaje de alcohol) variaron significativamente entre tratamientos. Los resultados reflejan que no existe un tratamiento único que destaque en todos los parámetros evaluados, lo que confirma la existencia de diferencias significativas entre combinaciones de coproductos y endulzante.
- El tratamiento T<sub>1</sub> (cáscara con azúcar blanca) alcanzó mayor concentración de polifenoles con 174,65 mg A.G./100 mL, demostrando que la cáscara de café es rica en antioxidantes.
- La evaluación microbiológica confirmó que todos los tratamientos se mantuvieron dentro de los límites establecidos para las bebidas fermentadas por NTE INEN 1529-7 para *E.coli*, NTE INEN 1529-5 aerobios mesófilos, NTE INEN 1529-10 mohos y levaduras, garantizando un producto seguro e inocuo para el consumo humano.
- En la prueba de aceptabilidad sensorial, los tratamientos T<sub>4</sub> (mucílago + semilla con azúcar blanca) y T<sub>5</sub> (mucílago + semilla con azúcar morena) obtuvieron la mejor aceptación sensorial (5,98; “agradable”), lo que refleja una mejor percepción organoléptica por parte de los consumidores.
- En conclusión, el uso de coproductos del café en fermentación representa una alternativa sostenible para la revalorización de residuos agroindustriales, contribuyendo al desarrollo de bebidas innovadoras con potencial funcional y comercial.

## 14.2. Recomendaciones

- Se recomienda que en futuros estudios se evalúe la fermentación únicamente con los azúcares presentes de forma natural en los coproductos del café (mucílago, cáscara y semillas), sin la adición de endulzantes como testigo. Este enfoque permitiría determinar si el contenido de azúcares propios es suficiente para alcanzar los niveles deseados de alcohol y calidad sensorial, así como conocer su efecto real en parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y funcionales. Además, brindaría información valiosa sobre la viabilidad de elaborar una bebida fermentada 100 % natural, reduciendo insumos adicionales y fortaleciendo el aprovechamiento integral de los coproductos.
- Incluir en futuras investigaciones el análisis de otros compuestos bioactivos presentes en los coproductos del café, como cafeína, flavonoides y capacidad antioxidante, para reforzar su perfil nutricional y funcional.
- Replicar el proceso de fermentación a nivel piloto o semindustrial, a fin de validar su factibilidad en condiciones reales de producción y evaluar su aceptación comercial. Promover el vínculo con asociaciones cafetaleras locales y emprendedores del sector agroindustrial para impulsar el desarrollo de productos fermentados derivados del café bajo un enfoque de economía circular y sostenibilidad rural.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Adamek, M., Matyas, J., Adamkova, A., Mlcek, J., Buran, M., Cernekova, M., Sevcikova, V., Zvonkova, M., Slobodian, P., & Olejnik, R. (2022). A Study on the Applicability of Thermodynamic Sensors in Fermentation Processes in Selected Foods. *Sensors*, 22(5), 1997. <https://doi.org/10.3390/s22051997>
- Aispuro, P. A., Pedraza, L. F. J., Ochoa, A. A., Arias, G. M., Cárdenas, T. F. I., Amezquita, L. B. A., Terán, E., Aispuro, Hernández, E., Martínez-Téllez, M. Á., Avena-Bustillos, R. J., Wang, S. C., Terán-Cabanillas, E., & Osuna-Martínez, U. (2025). A Functional Beverage from Coffee and Olive Pomace: Polyphenol-Flavonoid Content, Antioxidant, Antihyperglycemic Properties, and Mouse Behavior. *Foods*, 14(8), 1331. <https://doi.org/10.3390/foods14081331>
- Alarcón, A. L., Palacios, L. M., Osorio, C., César, N. P., Heredia, F. J., Orjuela, A., & Hernanz, D. (2021). Chemical characteristics and colorimetric properties of non-centrifugal cane sugar (“panela”) obtained via different processing technologies. *Food Chemistry*, 340, 128183. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128183>
- Anzaldúa, M. A. (1982). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*.
- AOAC 934.06. (n.d.). *Humedad en frutas deshidratadas*.
- Aprocom S.A. (n.d.). *Guía técnica para el uso de placas Compactdry EC, TC y YM*. Retrieved July 19, 2025, from <https://apracom-ec.com/>
- Baggini, S. P. (2024). *Microbiología en bebidas fermentadas*. *Ciencias Biológicas*. [https://www.researchgate.net/publication/379751888\\_Microbiologia\\_en\\_bebidas\\_fermentadas](https://www.researchgate.net/publication/379751888_Microbiologia_en_bebidas_fermentadas)
- Bolat, E., Sarıtaş, S., Duman, H., Eker, F., Akdaşçi, E., Karav, S., & Witkowska, A. M. (2024). Polyphenols: Secondary Metabolites with a Biological Impression. *Nutrients*, 16(15), 2550. <https://doi.org/10.3390/nu16152550>

- Čakar, U., Stanković, I., & Đorđević, B. (2024). Determination of physicochemical quality parameters of fruit wines produced in Republic of Serbia. *Arhiv Za Farmaciju*, 74(4), 582–597. <https://doi.org/10.5937/arhfarm74-50304>
- Cangussu, L. B., Melo, J. C., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2021). Chemical Characterization of Coffee Husks, a By-Product of *Coffea arabica* Production. *Foods*, 10(12), 3125. <https://doi.org/10.3390/foods10123125>
- Carvajal Herrera, J. J., & Aristizábal Torres, I. D. (2011). Colorimetría del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 64, 1–12.
- Castellucci, F. (2010). Análisis microbiológico del vino y del mosto. OIV, 1–25. <https://www.oiv.int/public/medias/3128/oiv-oeno-206-2010-es.pdf>
- Chai, W. Y., Teo, K. T. K., Tan, M. K., & Tham, H. J. (2022). Fermentation Process Control and Optimization. *Chemical Engineering & Technology*, 45(10), 1731–1747. <https://doi.org/10.1002/ceat.202200029>
- Choudhary, A., Kumar, A., Kandpal, R., Gupta, A. K., Jha, A. K., Naik, B., Kumar, V., Rustagi, S., Chutia, H., & Khan, J. M. (2024). Evaluation of secondary metabolites, nutraceutical potential and amino acid profile of fresh dates (*Phoenix dactylifera*) alcoholic beverage. *Discover Food*, 4(1), 53. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00137-0>
- Colina, J., Guerra, M., Guilarte, D., & Alvarado, C. (2012). Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de bebidas elaboradas con panela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 62(3), 300–310. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222012000300014&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222012000300014&script=sci_arttext)
- Cruzalegui, R. J., Güivin, O., Fernández Jeri, A. B., & Cruz, R. (2021). Caracterización de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de pulpa de café (*Coffea arabica* L.) deshidratada de tres fincas cafeteras de la región Amazonas (Perú). *Información Tecnológica*, 32(5), 157–166. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000500157>

- Damásio, M. H., & Costell, I. E. (1991). Análisis sensorial y descriptivo: Generación de descriptores y selección de catadores. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31(2), 165–178.
- Dhiman, S., Kaur, S., Thakur, B., Singh, P., & Tripathi, M. (2025). Nutritional Enhancement of Plant-Based Fermented Foods: Microbial Innovations for a Sustainable Future. *Fermentation*, 11(6), 346. <https://doi.org/10.3390/fermentation11060346>
- Ezeora, K. C., Setati, M. E., Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2024). Pomegranate Wine Production and Quality: A Comprehensive Review. *Fermentation*, 10(7), 348. <https://doi.org/10.3390/fermentation10070348>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2023b). Definición de panela. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1710603/#:~:text=La%20panela%20es%20un%20producto,de%20diferentes%20formas%20o%20granulada.>
- FAO. (2020). Estadísticas mundiales de producción de café. <https://www.fao.org/faostat/es/>
- FAO. (2020). Seguridad y calidad alimentaria. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación. La Agricultura. <https://www.fao.org/food-safety/en/>
- FAO. (2023a). Propuesta sobre elaboración de la norma del código de levadura. 1–11. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-53%252FCRDs%252Ffa53\\_crd06s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-711-53%252FCRDs%252Ffa53_crd06s.pdf)
- Fiallos, L. M. E. (2023). Elaboración de bebidas fermentadas a base de higo con la utilización de tres levaduras [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/e5b4836a-0c14-4d16-a285-ef42fa52259e/content>

- García, J. M., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, Á., & Osorio, C. (2017). Physicochemical and sensory (aroma and colour) characterisation of a non-centrifugal cane sugar (“panela”) beverage. *Food Chemistry*, 228, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.134>
- García, M. E., Fernández, S. I., & Fuentes, L. A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/af9f94fb-a13c-4e00-82a1-deda62eac0e3/content>
- Gava, F. R., Gava, F. M. A., Volpi, P. S., Almeida, F. A. F., Verdin, F. A. C., & Comério, M. (2021). Cultivares de cafés Conilon y robusta.
- Geremu, M., Tola, Y. B., & Sualeh, A. (2016). Extraction and determination of total polyphenols and antioxidant capacity of red coffee (*Coffea arabica* L.) pulp of wet processing plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0077-1>
- Girardi, P. G., Casalta, E., Legras, J. L., Nidelet, T., Pradal, M., Macna, F., Ferreira, D., Ortiz-Julien, A., Tesnière, C., Galeote, V., & Mouret, J.-R. (2022). Influence of ergosterol and phytosterols on wine alcoholic fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* strains. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.966245>
- Goktas, H., Dertli, E., & Sagdic, O. (2021). Comparison of functional characteristics of distinct *Saccharomyces boulardii* strains isolated from commercial food supplements. *LWT*, 136, 110340. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110340>
- González, O. A. M. (2021). Elaboración de bebida alcohólica de pulpa de café [Tesis, Universidad Industrial de Santander]. <https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/30da622e-4292-4061-92fd-79eb19fd452c/content>
- Guérit, F., Harland, A. J., Richardson, M. L., Gransier, R., Middlebrooks, J. C., Wouters, J., & Carlyon, R. P. (2022). Electrophysiological and Psychophysical Measures of Temporal

Pitch Sensitivity in Normal-hearing Listeners. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 24(1), 47–65. <https://doi.org/10.1007/s10162-022-00879-7>

- Hoppe, M. C. E. (2021). Incidencia de tres enfermedades foliares en 20 cultivares [Asociación Nacional del café ACAGFE, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3212/1/HOPPE%20JUAN-TESIS-%20%20AGOSTO%2020%20DEL%202021%20PARA%20SUSTENTAR%20%281%29%20%281%29.pdf>
- Hydrion. (2014). pH Paper, pH Strips, pH Buffers. Micro Essential. [https://www.microessentiallab.com/uploads/media/2014%20Lit/GeneralpH\\_Lit-22.pdf](https://www.microessentiallab.com/uploads/media/2014%20Lit/GeneralpH_Lit-22.pdf)
- INEN 265. (1978). Determinación de la humedad.
- INEN 290. (1978). Café en grano determinación del tamaño.
- INEN 341. (1978). Bebidas alcohólicas determinación de la acidez.
- INEN 389. (1985). Conservas de vegetales determinación de la concentración de ion hidrogeno (pH).
- Jiménez, A. L., Torres, A. J., & Barajas, R. J. A. (2020). Evaluación de color, viscosidad y preferencia en una a base de crema de coco, fresa y licor de café. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 1–5. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/8/88.pdf>
- Jitjaroen, W., Kongngoen, R., & Panjai, L. (2024). The equations of coffee Brixter index: the boosting of sugar concentration in post-harvest by using low temperature, low relative humidity. *European Food Research and Technology*, 250(1), 311–323. <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04388-6>
- Katerine, L., & Lizarazo, G. (2022). Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales de una bebida tipo “masato” empleando levaduras aisladas de residuos agroindustriales. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/49343/lkguarinli.pdf?sequence=3>

- Keşa, A. L., Pop, C. R., Mudura, E., Salanță, L. C., Pasqualone, A., Dărab, C., Burja, U. 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>
- Kiribhaga, S., Gomez, S., Joseph, M., Gopal, S., & Panjikkaran, S. T. (2020). Biochemical changes of banana wine during storage. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1), 119–124. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i1b.8236>
- Komaria, N., Suratno, Prihatin, J., & Sudarti. (2020). An analysis of innovation on the utilization of cascara by coffee farmers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1563(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1563/1/012015>
- Komaria, N., Suratno, Sudarti, & Dafik. (2021). The effect of fermentation on acidity, caffeine and taste cascara robusta coffee. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012062>
- Król, K., Gantner, M., Tatarak, A., & Hallmann, E. (2020). The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. *European Food Research and Technology*, 246(1), 33–39. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03388-9>
- Książak, J., Staniak, M., & Stalenga, J. (2023). Restoring the Importance of Cereal-Grain Legume Mixtures in Low-Input Farming Systems. *Agriculture*, 13(2), 341. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020341>
- Liu, S., Sun, H., Ma, G., Zhang, T., Wang, L., Pei, H., Li, X., & Gao, L. (2022). Insights into flavor and key influencing factors of Maillard reaction products: A recent update. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.973677>
- Luise, F. W. (2022). Bebidas alcoólicas de frutas fermentadas: uma revisão sobre las etapas y parámetros de producción, características fisicoquímicas y potencial bioactivo de las bebidas [Universidade Federal De Santa Catarina Centro De Ciencias Agrárias]. [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232620/TCC\\_LUISE\\_WENDHAUS-EN-FERMENTADOS-ALCO%  
c3%93LICOS-DE-FRUTAS.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/232620/TCC_LUISE_WENDHAUS-EN-FERMENTADOS-ALCO%c3%93LICOS-DE-FRUTAS.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- Luo, Y., Kong, L., Xue, R., Wang, W., & Xia, X. (2020). Bitterness in alcoholic beverages: The profiles of perception, constituents, and contributors. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 222–232. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.026>
- Martínez, de la T. A. del C. (2011). Análisis fisicoquímico [Tesis]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Martínez, S. S., & Jaramillo, G. R. A. (2023). Análisis de aceptabilidad y percepción del consumidor de aplicaciones alimentarias de subproductos de café. *Informador Técnico*, 87(1), 40–52. <https://doi.org/10.23850/22565035.5192>
- Michon, C., Conor, M. D., & Kerr, J. P. (2009). La investigación de las diferencias de sensibilidad relacionadas con el género en la percepción de los alimentos . *Journal of Sensory Studies*, 24(6), 922–937. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00245.x>
- Montero, N. M. A. (2022). Propuesta de norma técnica de buenas prácticas de elaboración para la panela granulada [Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/3e9bcff3-5401-4413-a015-fac4776af3d1/content>
- n° 7.678. (1988). Dispone sobre la producción, circulación y comercialización del vino y de los derivados de la uva y del vino, y contiene otras disposiciones. [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/1980-1988/L7678.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/1980-1988/L7678.htm)
- Nasanit, R., & Satyawut, K. I. (2015). Estudio microbiológico durante la fermentación de café Coffe arabica var. Chiangmai 80 en Tailandia. *Ciencias Naturales*, 49, 1–11. [https://www.researchgate.net/publication/282174020\\_Microbiological\\_study\\_during\\_coffee\\_fermentation\\_of\\_Coffea\\_arabica\\_var\\_chiangmai\\_80\\_in\\_Thailand](https://www.researchgate.net/publication/282174020_Microbiological_study_during_coffee_fermentation_of_Coffea_arabica_var_chiangmai_80_in_Thailand)
- NTE INEN 11529-5. (2006). Control microbiológico de los alimentos. determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. Rep.
- NTE INEN 1529-10. (2013). Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.

- NTE INEN 1529-10:98. (1994). Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viable. recuentos en placa por siembra en profundidad. <https://es.scribd.com/document/584650354/1529-10>
- NTE INEN 1529-10:98. (1994). Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viable. recuentos en placa por siembra en profundidad. <https://es.scribd.com/document/584650354/1529-10>
- NTE INEN 1529-5. (2006). Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. Rep.
- NTE INEN 1529-7. (2013). Control. Microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.
- NTE INEN 2 322:2002. (2002). Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de alcohol.
- NTE INEN 380. (1985). Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Metodo refractometrico.
- NTE INEN-ISO 2173. (2013). Productos vegetales y de frutas determinación de sólidos solubles método refractométrico (IDT).
- NTN 03 008-13. (2013, November). Bebidas alcohólicas fermentadas. Vinos de frutas y/o plantas tropicales. Especificaciones . [https://www.academia.edu/49048663/NTN\\_03\\_008\\_13\\_Bebidas\\_Alcoh%C3%B3licas\\_Fermentadas\\_Vinos\\_de\\_frutas\\_y\\_o\\_plantas\\_tropicales\\_Especificaciones](https://www.academia.edu/49048663/NTN_03_008_13_Bebidas_Alcoh%C3%B3licas_Fermentadas_Vinos_de_frutas_y_o_plantas_tropicales_Especificaciones)
- ODS 12. (2022). Producción y consumo responsable. [https://fechac.org.mx/web2/app\\_fechac/\\_files/\\_img/\\_documents/012821-160142\\_rf-1-03compromisodefchacconlosodsrev1.pdf](https://fechac.org.mx/web2/app_fechac/_files/_img/_documents/012821-160142_rf-1-03compromisodefchacconlosodsrev1.pdf)
- Olofsson, J. K., & Steven, N. (2004). Gender differences in chemosensory perception and event-related Potentials. *Chemical Senses*, 29(7), 629–637. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjh066>

- ONU. (2021). Índice de desperdicio de alimentos. <https://www.unep.org/es/resources/informe/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021>
- Ortiz, J. D. A. (2021). Estudio comparativo del consumo de los tipos de endulzantes: azúcar refinada, azúcar moreno y panela granulada en el cantón Lomas de Sargentillo [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/JURADO%20ORTIZ%20DAMARIS%20ANAIS.pdf>
- Pájaro, E. H. A., Benedetti, J., & García, Z. L. A. (2018). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de un vino de frutas a base de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) y carambola (*Averrhoa carambola* L.). *Información Tecnológica*, 29(5), 123–130. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000500123>
- Parker, W. (2020). Evaluación de los compuestos de color presentes en el vino rubaiyat en función del tiempo de contacto con la piel durante la fermentación [Maestría, Universidad Estatal de Oklahona]. <https://openresearch.okstate.edu/server/api/core/bitstreams/2d7912d8-1b23-4edd-a864-e74546883344/content>
- Paško, P., Galanty, A., Dymerski, T., Kim, Y.-M., Park, Y. S., Cabrales, A. P., Martínez, V. V., Delgado, E., Gralak, M., Deutsch, J., Barasch, D., Nemirovski, A., & Gorinstein, S. (2024). Physicochemical and Volatile Compounds Analysis of Fruit Wines Fermented with *Saccharomyces cerevisiae*: FTIR and Microscopy Study with Focus on Anti-Inflammatory Potential. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(11), 5627. <https://doi.org/10.3390/ijms25115627>
- Pedraza, J. A., Gastronomía, S., Cocina, A., Autónoma De Bucaramanga, U., Gabriel Pérez, A., & Gastronomía, B. (2020). Desarrollo de bebida alcohólica a partir de la fermentación y destilación de la pulpa y mucílago de café Colombiano. [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/20637/2022\\_Articulo\\_%20Perez\\_Barboza\\_Alexa\\_Gabriel.pdf?sequence=1](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/20637/2022_Articulo_%20Perez_Barboza_Alexa_Gabriel.pdf?sequence=1)

- Pérez, Y. L., Armas, M. A. C., Albernas, C. Y., & González, S. E. (2023). Análisis preliminar de la fermentación alcohólica utilizando mezclas de jugo de los filtros, miel final y meladura . *Revista Centro Azúcar*, 50, 1–13. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v50n3/2223-4861-caz-50-03-e1035.pdf>
- Piccardo, D., Favre, G., Pascual, O., Canals, J. M., Zamora, F., & González-Neves, G. (2019). Reducción del contenido de alcohol y pH de vinos tintos Pinot noir y Tannat empleando uvas con diferentes niveles de maduración. *BIO Web of Conferences*, 12, 02023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191202023>
- Prakash, A., Philip, A., Archa, S., Archana, C. V., Nair, A. G., Arya, B., Sabu, K. R., Rajesh, B. R., & Chandran, P. R. (2019). Evaluation of physicochemical and sensory properties of wine from Citrus maxima fruit. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 6(04), 24–31. <https://doi.org/10.20546/ijcrbp.2019.604.004>
- Qingli, Geng, X., Lin, Z., Zheng, F., Chen, E., Wang, G., & Li, X. (2022). Structural characterization and antioxidant properties of a novel polysaccharide isolated from Jiuzao in vitro and in vivo. *Food Research International*, 162, 111940. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111940>
- Regonesi, G. (2023). Biorreactores: Una revisión completa. Centro de Innovación MicroalgaeX- Estambul, 1–10. [https://www.researchgate.net/publication/373708124\\_BIOREACTORS\\_A\\_Complete\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/373708124_BIOREACTORS_A_Complete_Review)
- Reyes Morales, E. I., Bolaños González, M. A., Cucuñame Balcazar, J. O., & Velasco, J. S. (2024). Controlled fermentation in artisanal bioreactors to produce specialty coffees. *Ciência e Agrotecnologia*, 48. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448007524>
- Reyes, E. I. M., González, M. A. B., Balcazar, J. O. C., & Velasco, J. S. (2024). Controlled fermentation in artisanal bioreactors to produce specialty coffees. *Ciência e Agrotecnologia*, 48. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202448007524>

- Salas, M. J. Á., Aznar, A., Conesa, E., Conesa, B. A., & Aguayo, E. (2022). Fruit Wine Obtained from Melon by-Products: Physico-Chemical and Sensory Analysis, and Characterization of Key Aromas by GC-MS. *Foods*, 11(22), 3619. <https://doi.org/10.3390/foods11223619>
- Sanchez, R. A., & Robles, P. L. A. (2021). Análisis teórico de la industria del café en Ecuador y su relación con el cambio en la matriz productiva. 1–21. [https://www.researchgate.net/publication/352665169\\_ANALISIS\\_TEORICO\\_DE\\_LA\\_INDUSTRIA\\_DEL\\_CAFE\\_EN\\_ECUADOR\\_Y\\_SU\\_RELACION\\_CON\\_EL\\_CAMBIO\\_EN\\_LA\\_MATRIZ\\_PRODUCTIVA](https://www.researchgate.net/publication/352665169_ANALISIS_TEORICO_DE_LA_INDUSTRIA_DEL_CAFE_EN_ECUADOR_Y_SU_RELACION_CON_EL_CAMBIO_EN_LA_MATRIZ_PRODUCTIVA)
- Saranraj, P., Sivasakthivelan, P., & Murugados, N. (2017). Fermentación del vino de frutas y su análisis de calidad . 1(2). [https://www.researchgate.net/publication/322306796\\_Fermentation\\_of\\_fruit\\_wine\\_and\\_its\\_quality\\_analysis\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/322306796_Fermentation_of_fruit_wine_and_its_quality_analysis_A_review)
- Shopska, V., Denkova, R., Lyubenova, V., & Kostov, G. (2019). Características cinéticas de la fermentación alcohólica en la elaboración de cerveza: estado del arte y control del proceso de fermentación. *Artículo*, 5, 529–575. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128152713000130>
- Talens Oliag, P. (2020). Determinación experimental de densidad y porosidad en alimentos sólidos y líquidos. *Tecnología de Alimentos*, 1–7. <https://riUNET.upv.es/server/api/core/bitstreams/1eddcf80-36ee-40d4-8242-cbec77e33b3b/content>
- Tassone, S., Sarnataro, C., Glorio, P. S., Mabrouki, S., & Barbera, S. (2023a). The Effect of the Stirring Speed on the In Vitro Dry Matter Degradability of Feeds. *Fermentation*, 9(1), 56. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010056>

- Tassone, S., Sarnataro, C., Glorio, P. S., Mabrouki, S., & Barbera, S. (2023b). The Effect of the Stirring Speed on the In Vitro Dry Matter Degradability of Feeds. *Fermentation*, 9(1), 56. <https://doi.org/10.3390/fermentation9010056>
- Tellez, B. (2020, August 11). QUÉ ES EL CAFÉ ROBUSTA: TODA LA VERDAD. <https://Cafesabora.Com/Es/Qu%C3%A9-Es-El-Caf%C3%A9-Robusta-Toda-La-Verdad>.
- Toapanta, A. J. R., Quinatoa, L. E. F., Luna, M. R. A., & Macias, P. R. K. (2023). Producción de café (*coffea canephora* p.) en el subtrópico ecuatoriano en respuesta a diferentes niveles de fertilización inorgánica-orgánica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 2750–2761. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4623](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4623)
- Torija, M. J., Mateo, E., Guillamón, J. M., & Mas, A. (2010). Identification and quantification of acetic acid bacteria in wine and vinegar by TaqMan–MGB probes. *Food Microbiology*, 27(2), 257–265. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.10.001>
- Urán, J. I. (2022). Diseño de un licor de café y su evaluación técnica-sensorial. *Uniandes*, 1–24. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/35ed55b5-84fe-486a-a701-482fbabb68ee/content>
- Varela, P., & Ares, G. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. *Food Research International*, 48(2), 893–908. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.037>
- Vargas, B. O. (2016). Desarrollo de vinos de carambola (*Averrhoa carambola*) [Tesis]. Universidad de la Habana.
- Velásquez, O. R. A. (2020). Guía de variedades de café Guatemala. Asociación Nacional Del Café ANACAFÉ, 1–49.
- Venegas, S. S., Orellana, B. D., & Pérez, J. P. (2020). La realidad Ecuatoriana en la producción de café. 2.

- Villa, M. A. C., Cristina, S. M. R., Delforno, T. P., Centurion, V. B., Sakamoto, I. K., Maia, O. V., Silva, E. L., & Amâncio, V. M. B. (2019). Hydrogen, alcohols and volatile fatty acids from the co-digestion of coffee waste (coffee pulp, husk, and processing wastewater) by applying autochthonous microorganisms. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(39), 21434–21450. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.06.115>
- Wagner, U., & Steiner, E. (2024). Textual Information on food packaging addressing several sensory modalities. *Food & Nutrition Journal*, 9(2). <https://doi.org/10.29011/2575-7091.100206>
- Zeleke, T. B., & Tsegaye, M. K. (2024). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del vino desarrollado a partir de papaya . *Articulo*, 4(1), 1–11.