



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

---

**Tema:** Efecto prebiótico de una bebida tipo horchata mexicana suplementada con el hongo melena de león (*Hericium erinaceus* (Bull.) Pers).

---

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autor:** Shayra Isabel Morales Vásquez

**Tutor:** Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

**Ambato – Ecuador**

**Enero - 2026**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

### **CERTIFICA:**

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grado de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 10 de diciembre 2025

Mg. Manoella Alejandra Sánchez Garnica

0604079871

**TUTOR**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Shayra Isabel Morales Vásquez, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas.



Shayra Isabel Morales Vásquez

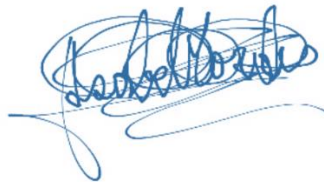
1850210145

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Shayra Isabel Morales Vásquez', with a large, stylized flourish extending from the bottom left.

Shayra Isabel Morales Vásquez

1850210145

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para consistencia firman:

**Presidente del Tribunal**

Dra. María Daniela Garcés Moncayo

1803571585

Dra. Danae Fernández Rivero

1757181209

Ambato 24 de diciembre 2025

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi familia, que ha sido mi mayor refugio, mi razón de seguir adelante y el corazón que me acompaña en cada paso de mi vida.*

*A mi madre, Verónica Vásconez, porque todo lo que soy nace de su amor. Gracias mamá por sostenerme incluso cuando yo pensé que no podía más, por creer en mí sin condiciones, por cada abrazo que me devolvió la calma y por cada sacrificio silencioso que hizo posible que este sueño hoy se convierta en realidad. Eres mi fuerza y el ejemplo más grande que la vida me ha dado.*

*A mi hermano, José gracias por ser mi compañero de vida, de risas y de momentos que guardo en el corazón. Tu presencia siempre me ha recordado que los lazos familiares son el mayor tesoro. Gracias por escucharme, apoyarme y estar conmigo incluso en silencio.*

*A mis abuelos, Pilar Soria y Byron Vásconez*

*A mi abuelita Pilar, gracias por su cariño tan cálido, por sus palabras que siempre llegaron en el momento justo y por ese amor tan grande que se siente incluso en los detalles más pequeños. Gracias por enseñarme a ser fuerte, noble y agradecida.*

*A mi abuelito Byron, gracias por acompañarme con paciencia y por cada consejo, cada palabra sabia y cada gesto de cariño. Gracias por acompañarme en todos los caminos que he emprendido, por ser un pilar emocional y por brindarme un millón de momentos que atesoro profundamente.*

*Ustedes han sido una guía y una fortaleza que siempre llevaré conmigo.*

*A mi tío Fa gracias por estar presente incluso cuando la distancia separa los abrazos. Gracias por cada mensaje, cada llamada, cada palabra de ánimo. Tu apoyo en todos los sentidos ha sido un regalo en mi vida y saber qué crees en mí me da más fuerza de la que imaginas.*

*Quiero dedicar, con un cariño inmenso, a Fabry Naranjo y Ángel, porque se convirtieron en un apoyo real y constante en mi vida. Gracias por estar ahí de verdad, por sus palabras sinceras, por los consejos que llegaron justo cuando los necesitaba. Su apoyo no solo me ayudó a crecer profesionalmente, sino también a sanar, a confiar y a seguir adelante y por eso este logro también les pertenece.*

*Y, finalmente, a mis ángeles: mi abuelita Dora Álvarez y Xavier V. Aunque ya no están físicamente conmigo, sé que su amor continúa acompañando mis pasos. A veces en un recuerdo, a veces en un pensamiento, a veces en un pequeño milagro del día a día.*

*A todos ustedes, gracias por ser mi hogar, mi fuerza y mi inspiración. Este logro lleva un pedacito de cada uno.*

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutora, Mg. Alejandra Sánchez, por su paciencia, su dedicación y por estar siempre pendiente de mi proceso. Gracias por enseñarme tanto, por cada explicación acompañada de una sonrisa y por cada risa compartida que hizo más ligero el camino. Es una profesora que ama profundamente lo que hace, y eso se siente en cada palabra y en cada gesto. Me motivó cuando más lo necesitaba y me sostuvo cuando sentí que estaba al borde. Ella es como una mamá de los pollitos: protectora, y siempre presente.

A mis amigos Carlita, Damiano, Raque, Daniela, Andrés, Hendry, Estefy, Johan, Pame y Bry, gracias por cada risa, por cada desvelo compartido, por los trabajos de última hora, por las crisis que sobrevivimos juntos y por celebrarlo todo. Ustedes hicieron que la universidad no solo sea un lugar de estudio, sino un hogar lleno de cariño, apoyo y complicidad. Gracias por enseñarme que la amistad real sí existe.

A David, gracias por cada risa que me sacaste incluso cuando yo estaba hecha un estrés. Gracias por tu apoyo incondicional, por cada abrazo y por estar ahí. Gracias por tu paciencia y cariño

A Carito, gracias por ser mi súper amiga a pesar de la distancia. Aunque no nos veamos tanto como quisiéramos, siempre estás para mí. Tu cariño nunca cambia, y eso es algo que valoro muchísimo.

A Mateo, mi amigo de tantos años, gracias por acompañarme a lo largo de cada etapa de mi vida. Gracias por motivarme, por apoyarme en cada crisis y en cada logro, y por tu amistad tan sincera y leal.

A Carlin O, gracias por tantos años de amistad, por tus consejos, por tus ánimos constantes y por estar siempre que lo necesité. Tu apoyo ha sido fundamental en mi camino.

A mi pequeña Bu, Liz, gracias por llegar a mi vida como un regalo inesperado. Eres de esas amistades que quiero conservar para siempre. Eres especial, auténtica y un sol. Siempre voy a estar para ti, así como tú has estado para mí.

A Alejita C., gracias por cada consejo, por estar pendiente, por tu apoyo constante y por toda la ayuda que me has brindado durante estos años. Tu compañía ha significado mucho para mí.

Y finalmente, a Vicente T., gracias por su apoyo incondicional, por cada llamada, por estar pendiente siempre y por acompañarme en todos los sentidos. su presencia y motivación han sido un apoyo enorme en este camino.

## ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR _____	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN _____	iii
DERECHOS DE AUTOR _____	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO _____	v
DEDICATORIA _____	vi
AGRADECIMIENTO _____	vii
ÍNDICE DE TABLAS _____	x
ÍNDICE DE FIGURAS _____	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES _____	xii
ÍNDICE DE ANEXOS _____	xiii
RESUMEN EJECUTIVO _____	xiv
ABSTRACT _____	xv
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO. _____	1
1.1.    Antecedentes investigativos _____	1
1.1.1.    Hongo melena de león ( <i>Hericium erinaceus</i> ) _____	1
1.1.1.1.    Descripción morfológica del hongo melena de león _____	1
1.1.1.3.    Origen y condiciones de crecimiento _____	3
1.1.1.4.    Composición nutricional de <i>Hericium erinaceus</i> _____	3
1.1.1.5.    Compuestos bioactivos del hongo _____	4
1.1.1.6.    Hericenonas _____	5
1.1.1.7.    Erinacinas _____	5
1.1.1.8.    Polifenoles y esteroles _____	5
1.1.1.9.    Polisacáridos no digeribles _____	5
1.1.1.10.    Toxicología y seguridad _____	6
1.1.1.11.    Beneficios funcionales y terapéuticos del hongo melena de león _____	6
1.1.1.12.    Microbiota intestinal _____	6
1.1.1.13.    Probióticos _____	7
1.1.1.14.    Prebióticos _____	7
1.1.1.15.    Mecanismo de acción de los prebióticos _____	8
1.1.1.16.    Efecto prebiótico del hongo melena de león _____	9
1.1.2.    Horchata mexicana _____	9

1.1.2.1. Composición nutricional de la horchata de arroz _____	10
1.2. OBJETIVOS _____	11
1.2.1 Objetivo General _____	11
1.2.2 Objetivos Específicos _____	11
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA _____	12
2.1 Materiales _____	12
2.2 Métodos _____	14
2.2.1 Desarrollo de una bebida tipo horchata con base de harina de arroz, y hongo melena de león ( <i>Hericium erinaceus</i> ). _____	14
2.2.1.2 Elaboración de la bebida tipo horchata mexicana _____	15
2.2.2 Estimación del efecto prebiótico de la horchata mexicana elaborada con el hongo melena de león ( <i>Hericium erinaceus</i> ). _____	15
2.2.2.1 Preparación del medio mineral M9 _____	16
2.2.2.2. Estimación del efecto prebiótico _____	16
2.3 Caracterización mediante un análisis proximal, microbiológico, y sensorial de la horchata con mayor efecto prebiótico _____	18
2.3.1 Análisis proximal _____	18
2.3.2 Análisis microbiológico _____	20
2.3.3 Análisis sensorial _____	21
2.3.4. Perfil sensorial _____	21
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN _____	23
3.1 Bebida tipo horchata mexicana _____	23
3.2 Efecto prebiótico _____	24
3.3.1. Análisis sensorial _____	27
3.3.2 Análisis proximal _____	31
3.3.3. Análisis microbiológico _____	32
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	34
4.1 Conclusiones _____	34
4.2 Recomendaciones _____	35
BIBLIOGRAFIA _____	36
ANEXOS _____	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Información Taxonómica del Hongo “Melena de León”.....	2
<b>Tabla 2.</b> Contenido nutricional del hongo melena de león.....	4
<b>Tabla 3.</b> Composición nutricional de la bebida vegetal elaborada con arroz.....	10
<b>Tabla 4.</b> Materia prima alimentaria.....	12
<b>Tabla 5.</b> Reactivo.....	12
<b>Tabla 6.</b> Material fungible.....	13
<b>Tabla 7.</b> Equipo.....	13
<b>Tabla 8.</b> Formulación de la bebida tipo horchata mexicana.....	14
<b>Tabla 9.</b> Formulación para el medio M9.....	16
<b>Tabla 10.</b> Parámetros del perfil sensorial del mejor tratamiento.....	21
<b>Tabla 11.</b> Escala de 5 puntos para la aceptación.....	22
<b>Tabla 12.</b> Número de UFC/ml de <i>L. salivarius</i> y <i>E. coli</i> .....	24
<b>Tabla 13.</b> Logaritmo del recuento microbiano y determinación del efecto prebiótico.....	25
<b>Tabla 14.</b> Resultados del análisis proximal.....	31
<b>Tabla 15.</b> Resultados del análisis microbiológico.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cuerpo fructífero de <i>Hericiium erinaceus</i> . _____	2
<b>Figura 2.</b> Mecanismo de acción de los prebióticos. _____	8
<b>Figura 3.</b> Bebidas tipo horchata mexicanas. _____	23
<b>Figura 4.</b> Análisis de los atributos sensoriales de la bebida. _____	28
<b>Figura 5.</b> Aceptabilidad de la bebida _____	30

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Número de UFC/ml.....	17
<b>Ecuación 2.</b> Actividad Prebiótica.....	17
<b>Ecuación 3.</b> Acidez titulable .....	18
<b>Ecuación 4.</b> Cenizas .....	19
<b>Ecuación 5.</b> Carbohidratos totales.....	20

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Elaboración de la horchata. ....	44
<b>Anexo 2.</b> Elaboración del medio M9. ....	44
<b>Anexo 3.</b> Obtención de <i>E. coli</i> . ....	45
<b>Anexo 4.</b> Proceso para realizar la estimación del efecto prebiótico. ....	45
<b>Anexo 5.</b> Cultivos de <i>E. Coli</i> tiempo 0. ....	46
<b>Anexo 6.</b> Cultivos de <i>E. Coli</i> tiempo 48h. ....	46
<b>Anexo 7.</b> Cultivos de <i>Lactobacillus</i> tiempo 0. ....	47
<b>Anexo 8.</b> Cultivos de <i>Lactobacillus</i> tiempo 48h. ....	47
<b>Anexo 9.</b> Análisis proximal de la bebida. ....	48
<b>Anexo 10.</b> Catación de la bebida. ....	48
<b>Anexo 11.</b> Hoja de evaluación sensorial. ....	50
<b>Anexo 12.</b> Tabulación de la apariencia de la bebida. ....	52
<b>Anexo 13.</b> Tabulación del sabor de la bebida. ....	53
<b>Anexo 14.</b> Tabulación de la textura de la bebida. ....	54
<b>Anexo 15.</b> Tabulación de la aceptabilidad de la bebida. ....	56
<b>Anexo 16.</b> Análisis de proteína total, grasa y fibra dietética de la bebida. ....	57

## RESUMEN EJECUTIVO

El aumento en el consumo de alimentos ultra procesados ha contribuido a desequilibrios en la microbiota intestinal, generando alteraciones digestivas. Esta problemática evidencia la necesidad de desarrollar alternativas que modulen favorablemente la microbiota mediante compuestos bioactivos. En este contexto, el objetivo del estudio fue analizar el efecto prebiótico de una bebida tipo horchata mexicana suplementada con el hongo melena de león (*Hericiium erinaceus*). Mediante la elaboración de cuatro formulaciones de horchata mexicana variando únicamente la concentración del hongo, empleando niveles de 10, 7,5, 5 y 2,5 por ciento. Este procedimiento permitió, desarrollar la bebida a base de harina de arroz y *Hericiium erinaceus*, estimar su efecto prebiótico mediante el cálculo del índice de actividad prebiótica (Ap) frente a *Lactobacillus salivarius* vs *Escherichia coli*, y caracterizar la formulación con mayor actividad mediante análisis proximal, microbiológico y sensorial. El efecto prebiótico se evaluó mediante ensayos *in vitro* en medio M9, cuantificando unidades formadoras de colonia a 0 y 48 h y calculando el Ap. Los resultados mostraron que la formulación con mayor concentración de hongo presentó el índice de actividad prebiótica más elevado (Ap = 1,55), lo que evidencia una marcada selectividad hacia *Lactobacillus salivarius* y una proliferación reducida de *Escherichia coli*. En conjunto, estos hallazgos indican que *Hericiium erinaceus* pudiera ejercer un efecto modulador sobre la microbiota intestinal y que su incorporación en la bebida vegetal representaría una estrategia prometedora para el desarrollo de alimentos orientados al mantenimiento y mejora de la salud intestinal.

**Palabras clave:** horchata mexicana; *Hericiium erinaceus*; actividad prebiótica; *in vitro*; índice de actividad Ap; *Lactobacillus salivarius*.

## ABSTRACT

Increased consumption of ultra-processed foods has contributed to gut microbiota imbalances, causing digestive disorders. This highlights the need to develop alternatives that favorably modulate the microbiota using bioactive compounds. In this context, the objective of this study was to analyze the prebiotic effects of a Mexican horchata-type drink supplemented with lion's mane mushroom (*Hericium erinaceus*). Four Mexican horchata formulations were prepared, varying only the concentration of the mushroom, using levels of 10, 7.5, 5, and 2.5 percent. This procedure allowed us to develop a drink based on rice flour and *Hericium erinaceus*, estimate its prebiotic effect by calculating the prebiotic activity index (Ap) against *Lactobacillus salivarius* and *Escherichia coli*, and characterize the formulation with the highest activity through proximal, microbiological, and sensory analyses. The prebiotic effect was evaluated through *in vitro* tests in M9 medium, quantifying colony-forming units at 0 and 48 h and calculating the Ap. The results showed that the formulation with the highest concentration of fungus had the highest prebiotic activity index (Ap = 1.55), which showed a marked selectivity towards *Lactobacillus salivarius* and reduced proliferation of *Escherichia coli*. Taken together, these findings indicate that *Hericium erinaceus* may exert a modulatory effect on the gut microbiota, and its incorporation into plant-based beverages may represent a promising strategy for developing foods aimed at maintaining and improving gut health.

**Keywords:** Mexican horchata; *Hericium erinaceus*; *in vitro*, prebiotic activity; Ap activity index; *Lactobacillus salivarius*.

## CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO.

### 1.1. Antecedentes investigativos

En la actualidad, los cambios en los patrones alimentarios se caracterizan por una mayor preferencia hacia productos ultraprocesados con alto contenido de azúcares, grasas saturadas, aditivos y baja concentración de fibra dietética (Álvarez et al., 2021). Este tipo de alimentación altera la composición de la microbiota intestinal, favoreciendo estados de disbiosis asociados a desequilibrios digestivos, inflamatorios y metabólicos (Guillot, 2017).

Ante esta problemática, se vuelve necesario desarrollar alimentos funcionales que contribuyan al equilibrio microbiano intestinal. En este sentido, *Hericium erinaceus* (hongo melena de león) destaca por su contenido de polisacáridos,  $\beta$ -glucanos y metabolitos secundarios con demostrada actividad prebiótica e inmunomoduladora (Piedrahíta et al., 2025).

Por su parte, la horchata mexicana, bebida vegetal elaborada tradicionalmente a base de arroz y especias, se caracteriza por ser ligera, baja en colesterol y aportar carbohidratos complejos que actúan como fuente de energía y fibra soluble (Aguilar & Manueles, 2017).

En este contexto, resulta pertinente explorar matrices vegetales tradicionales enriquecidas con ingredientes funcionales de origen fúngico. La incorporación de hongo melena de león en una bebida tipo horchata podría contribuir al desarrollo de alimentos destinados a favorecer la composición saludable de la microbiota intestinal y prevenir alteraciones asociadas a estados de disbiosis.

#### 1.1.1. Hongo melena de león (*Hericium erinaceus*)

##### 1.1.1.1. Descripción morfológica del hongo melena de león

El hongo melena de león es un basidiomiceto compacto de forma globosa y erguido, puede alcanzar entre 10 y 40 cm de diámetro. Se distingue por la formación de cuerpos fructíferos de color blanco, (He et al., 2017). Su morfología se caracteriza por la presencia de espinas largas de 2 a 6 cm, colgante densamente agrupadas dando como resultado una forma parecida a una melena de un león, que es la razón de su nombre popular, las esporas son lisas y miden alrededor de  $5.5-7 \times 4.5-5.5 \mu\text{m}$  (Kumar et al., 2021).

En estado joven el carpóforo es firme y esponjoso, pero conforme madura se torna más compacto y adquiere tonalidades que varían del blanco al amarillo cremoso como se observa en la Figura 1. Respecto a propiedades las organolépticas, presenta un sabor suave y levemente dulce, mientras que su aroma recuerda a la mantequilla convirtiéndolo en un ingrediente versátil (Cheng et al., 2021).

**Figura 1.**

Cuerpo fructífero de *Hericium erinaceus*.



Nota: Ilustración obtenida de Arriego (2022).

#### 1.1.1.2. Taxonomía del hongo melena de león

**Tabla 1.**

Información Taxonómica del Hongo “Melena de León”

<b>Reino</b>	Fungi
<b>División</b>	Basidiomycota
<b>Subdivisión</b>	Agaricomycotina
<b>Clase</b>	Agaricomycetes
<b>Orden</b>	Russulales
<b>Familia</b>	Hericiaceae
<b>Género</b>	Hericium
<b>Especie</b>	<i>Hericium erinaceus</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Pers.

Nota: Obtenido de Contato et al., (2025).

### 1.1.1.3. Origen y condiciones de crecimiento

El hongo fue descubierto en Florida, en 1944, se encuentra en estado natural en Asia, América del Norte y Europa. Crece de forma saprofítica sobre madera en descomposición o troncos, como hayas (*Fagus sp.*), robles (*Quercus sp.*), olmos (*Ulmus sp.*) y arces (*Acer sp.*). Las condiciones óptimas para su desarrollo son temperaturas controladas entre 15 °C y 25 °C, humedad relativa entre el 70% y 90% y aparece su cuerpo en un rango de 30 a 60 días (Liu et al., 2022).

### 1.1.1.4. Composición nutricional de *Hericium erinaceus*

Destaca por su alto valor nutricional como por la presencia de diferentes compuestos bioactivos dando paso a múltiples propiedades funcionales. Comprende polisacáridos, terpenoides, compuestos fenólicos y esteroides, mientras que su perfil nutricional lo convierte en una fuente importante de proteínas, carbohidratos, fibra y minerales esenciales (Qiu et al., 2023).

En términos nutricionales, el contenido proteico es de 31,7 g por cada 100g de hongo seco, incluye aminoácidos esenciales como leucina, isoleucina y lisina, en otras palabras, ayuda a la reparación y el crecimiento muscular. Considerando a los carbohidratos representan un 17,6g/100 g, del peso seco, los más importantes son los polisacáridos no digeribles como son los  $\beta$ -glucanos y heteropolisacáridos responsables de su actividad prebiótica y moduladora de la microbiota intestinal (Ge et al., 2025).

La fibra dietética alcanza valores cercanos a 30 g/100 g y sus lípidos incluyen ácidos grasos insaturados. Acerca que los micronutrientes, contiene hierro, magnesio, potasio, fósforo y vitaminas del grupo B, además de ergosterol, un precursor de la vitamina D con funciones antioxidantes. Esta composición se relaciona directamente con los efectos biológicos atribuidos al hongo. Los datos mencionados se ven reflejados en la *Tabla 2* de acuerdo con los datos reportados por (Campos & Bautista, 2025).

**Tabla 2.***Contenido nutricional del hongo melena de león.*

<b>Contenido</b>	<b>Cantidad</b>
Calciferol	240 IU / 100 g
Calcio	1.3 mg / 100 g
Carbohidratos	17.6 g / 100 g
Ceniza	9.8 g / 100 g
Energía	233 kcal / 100 g
Ergosterol	381 mg / 100 g
Fibra dietética	30 g / 100 g
Fósforo	1.22 g / 100 g
Grasas	4 g / 100 g
Hierro	20.3 mg / 100 g
Magnesio	123 mg / 100 g
Niacina (B3)	18.3 mg / 100 g
Potasio	4.46 mg / 100 g
Proteína	31.7 g / 100 g
Riboflavina (B2)	3.91 mg / 100 g
Sodio	1.2 mg / 100 g
Tiamina (B1)	5.33 mg / 100 g

Fuente: **Campos y Bautista (2025)**

#### **1.1.1.5. Compuestos bioactivos del hongo**

El hongo melena de león es conocido por ser una de las especies más investigadas en el mundo de los hongos, se debe a su interesante composición química como a los numerosos beneficios que ofrece para la salud (**Kumar et al., 2021**). Entre sus compuestos más destacados se encuentran las hericenonas, las erinacinas, varios compuestos fenólicos, esteroides, y una notable cantidad de polisacáridos no digeribles, especialmente los  $\beta$ -glucanos. Estos componentes desempeñan una influencia significativa en sus propiedades prebióticas e impactan en el equilibrio microbiano intestinal (**Song et al., 2025**).

#### 1.1.1.6. Hericenonas

Las hericenonas se encuentran en el cuerpo fructífero del hongo y pertenecen a la categoría de polifenoles. Su función más conocida está relacionada con la estimulación del factor de crecimiento nervioso (NGF) sin embargo, **Bonilla et al. 2023** sugieren que también podría ayudar a mantener un tracto digestivo organizado a través de antioxidantes. El estrés oxidativo es uno de los factores que altera negativamente el equilibrio microbiano; por lo tanto, al disminuir la presencia de radicales libres, las hericenonas favorecen la supervivencia y actividad metabólica de bacterias beneficiosas (**Turk et al., 2021**).

#### 1.1.1.7. Erinacinas

Las erinacinas, presentes en el micelio, son moléculas de tipo terpenoide y se destacan por su potencia en la estimulación del NGF, **Friedman (2015)** sugiere que se ha identificado actividad antiinflamatoria a nivel gastrointestinal, siendo fundamental para la función prebiótica general del hongo. Un intestino menos inflamado permite una mejor adhesión de cepas como *L. salivarius*, *Lactobacillus plantarum* y *Bifidobacterium spp.*, que son bacterias asociadas a beneficios inmunológicos y metabólicos. Además, **Egressy et al. 2016** mencionan que ciertas erinacinas podrían influir en la producción de mucina, aumentando la protección de la barrera intestinal.

#### 1.1.1.8. Polifenoles y esteroides

Los compuestos fenólicos y esteroides en el hongo melena de león como el ergosterol (381 mg/100 g), juegan un rol antioxidante y antimicrobiano. La presencia de estos metabolitos modula positivamente el sistema inmunitario, reduciendo procesos inflamatorios que afectan la composición de la microbiota intestinal. La acción antioxidante también contribuye a mantener la integridad de la mucosa (**Contato et al., 2025**).

#### 1.1.1.9. Polisacáridos no digeribles

Dentro de la composición del hongo melena de león, los polisacáridos no digeribles son los que tienen mayor impacto sobre la microbiota intestinal. Los  $\beta$ -glucanos, son los más relevantes poseen una estructura principalmente  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3),  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 6), lo que las hace adecuadas para su utilización por la flora intestinal beneficiosa como los *lactobacilos* y las *bifidobacterias* (**Cheng et al., 2025**).

#### **1.1.1.10. Toxicología y seguridad**

El hongo melena de león, es considerado un hongo seguro para el consumo humano y su uso en alimentos. **Li et al. (2018)** realizaron un estudio sobre la toxicidad aguda y subcrónica en ratas utilizando un extracto de polisacáridos del hongo administrando dosis de hasta 3000 mg/kg durante 90 días. No se registró cambios significativos en los parámetros hematológicos, bioquímicos ni histopatológicos.

#### **1.1.1.11. Beneficios funcionales y terapéuticos del hongo melena de león**

Uno de los beneficios más notables del hongo melena de león es su capacidad neuroprotectora, que se debe a su habilidad para estimular la producción del factor de crecimiento nervioso (NGF), favoreciendo la regeneración neuronal, como el mantenimiento de las funciones cognitivas, permite el tratamiento y la prevención del Alzheimer, el Parkinson y otros tipos de deterioro cognitivo (**Ban et al., 2024**).

Presenta actividades neuroprotectoras, inmunomoduladoras y antioxidantes, atribuibles a sus polisacáridos, compuestos fenólicos y terpenoides. La estimulación del factor de crecimiento nervioso (NGF) y la reducción de mediadores proinflamatorios, como TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  e IL-6, se ha asociado con la protección de tejidos nerviosos y gastrointestinales. (**Cheng et al., 2025**).

Paralelamente, su capacidad para neutralizar radicales libres y disminuir el estrés oxidativo contribuye al mantenimiento de la integridad de la mucosa intestinal, generando un entorno más favorable para el establecimiento y actividad de bacterias beneficiosas (**Tachabenjarong, 2022**).

#### **1.1.1.12. Microbiota intestinal**

Según **Zerón (2025)** la microbiota intestinal es una comunidad compleja de bacterias que habitan principalmente en el colon, interviene en funciones esenciales como la fermentación de compuestos no digeribles, síntesis de vitaminas, y protección de la barrera intestinal. Cuando esta comunidad permanece en el estado óptimo se denomina *eubiosis*, asociado a un mayor número de la presencia de bacterias como *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (**Sanmartín et al., 2024**).

Cuando factores como una alimentación rica en alimentos procesados, el estrés o el consumo de antibióticos alteran el equilibrio microbiano se produce la *disbiosis*, que se caracteriza por inflamación, menor producción de ácidos grasos de cadena corta o mayor predisposición a enfermedades digestivas (**Balbuena et al., 2025**).

### 1.1.1.13. Probióticos

Los probióticos son microorganismos que dan paso al beneficio para la salud del huésped, enfocándose especialmente a el nivel gastrointestinal, su acción radica en el mantenimiento del equilibrio de la microbiota intestinal, al competir con microorganismos patógenos, producir sustancias antimicrobianas como bacteriocinas y ácido láctico, y modular la respuesta inmunitaria tanto innata y adaptativa (**Rondon et al., 2015**).

También se ha comprobado que los probióticos refuerzan la barrera intestinal, mejoran la digestión de nutrientes, pueden influir en el eje intestino-cerebro, ayudando en casos de ansiedad, depresión o síndrome del intestino irritable (**Catadeña G, 2018**).

Su actividad está ligada a diferentes factores como el tipo de cepa utilizada, la dosificación, como la forma de administración. Las cepas más empleadas son *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Saccharomyces boulardii* (**Barcia Jijón et al., 2024**).

### 1.1.1.14. Prebióticos

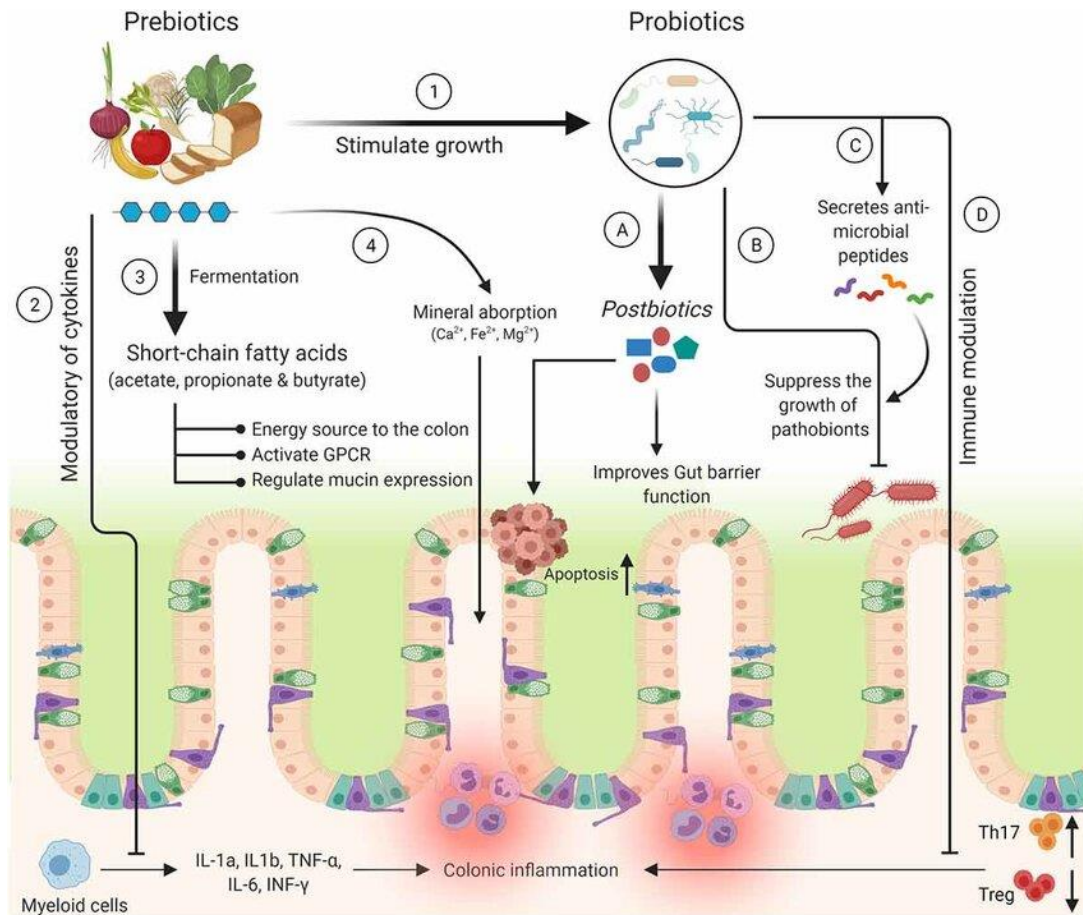
Los prebióticos son compuestos alimentarios no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento y la actividad de uno o más tipos de bacterias beneficiosas en el intestino grueso, especialmente *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (**García Janer, 2024**). Su acción prebiótica está estrechamente relacionada con la estructura química de sus polisacáridos, los cuales presentan enlaces  $\beta$ -(1→3) y  $\beta$ -(1→6) que no pueden ser hidrolizados por enzimas humanas. Esta resistencia permite que los prebióticos sean fermentados únicamente por bacterias beneficiosas, dando lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta como acetato, propionato y butirato. Estos metabolitos reducen el pH intestinal, inhiben el crecimiento de bacterias patógenas y fortalecen la integridad de la mucosa intestinal (**Hernández, 2023**).

Para que un compuesto sea clasificado como prebiótico, debe cumplir con ciertas condiciones: ser resistente a la digestión en el tracto gastrointestinal superior, no ser absorbido, y llegar intacto al colon donde es fermentado por la microbiota beneficiosa (**Jara, 2024**). A diferencia de los probióticos, los prebióticos no contienen microorganismos vivos, lo que facilita su incorporación en diferentes tipos de alimentos sin afectar su estabilidad biológica ni sensorial (**Nimmerfall et al., 2025**).

### 1.1.1.15. Mecanismo de acción de los prebióticos

Figura 2.

Mecanismo de acción de los prebióticos.



Fuente: Pothuraju et al. (2021)

Los prebióticos interactúan mediante diferentes mecanismos que refuerzan la salud del tracto intestinal, como se puede observar en figura 2. Los prebióticos estimulan el crecimiento de las bacterias beneficiosas (1) ya que son su fuente de alimentos selectiva para los probióticos; en segundo lugar, estos compuestos modulan las citocinas inflamatorias (2) disminuyendo de esta forma los niveles de IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$ , IL-6 e INF- $\gamma$ , como resultado la inflamación del tejido colónico reduce (Pothuraju et al., 2021).

Los prebióticos son fermentados por las bifidobacterias (3), dando lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta como acetato, propionato, butirato, que alimentan las células del colon, estimulan el desarrollo de la barrera intestinal y son antiinflamatorios (López et al., 2023) La fermentación del alimento prebiótico también aumenta la absorción de minerales (4) como el calcio, el

hierro o el magnesio, considerando que uno de los efectos de la fermentación es la reducción del pH, de forma que los minerales son fácilmente absorbidos (**Sanz et al., 2004**).

Los probióticos complementan ese efecto mediante la producción de postbióticos (A) para ayudar al intestino, inhibiendo bacterias patógenas (B) mediante competencia por nutrientes y sitios de adhesión. Adicionalmente, ciertas cepas probióticas secretan péptidos antimicrobianos (C) que destruyen a los microbios patógenos, modulando el sistema inmunológico (D) al favorecer el equilibrio entre células Th17 y Treg, mantienen un mejor equilibrio y disminuir la inflamación (**Pothuraju et al., 2021**).

#### **1.1.1.16. Efecto prebiótico del hongo melena de león**

El efecto prebiótico que presenta el hongo melena de león, se fundamenta por la presencia de polisacáridos no digeribles, específicamente los  $\beta$ -glucanos, que actúan de sustrato para las bacterias intestinales de tipo beneficioso. La fermentación de estos polisacáridos en el colon es el resultado del crecimiento de los géneros como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, lo que ayuda a mantener una microbiota intestinal equilibrada (**Song et al., 2025**).

Durante la fermentación de los polisacáridos se generan metabolitos, entre los cuales se encuentran los ácidos grasos de cadena corta, en especial el butirato que tiene un papel anti-inflamatorio importantísimo, promueve la regeneración del epitelio intestinal, la integridad de la superficie intestinal (**Chen et al., 2025**).

#### **1.1.2. Horchata mexicana**

La horchata mexicana tiene su origen en la tradición árabe de bebidas elaboradas a partir de cereales principalmente de la chaufa (*Cyperus esculentus*) que tiene notas parecidas a las almendras, una bebida refrescante llevada a España durante la época de la ocupación musulmana. Por medio de la colonización esta bebida llegó a América y se adaptó con ingredientes locales, en México la semilla de chufa fue reemplazada por el arroz, ya que siempre estaba disponible y era de fácil acceso, dando lugar a la popular horchata mexicana. El término *horchata* proviene del latín “*hordeata*”, relacionado con “*hordeum*” (cebada), lo que hace referencia a bebidas elaboradas a partir de cereales. En México y Guatemala la horchata se transformó en una “agua fresca” y se caracteriza por ser preparada a partir de arroz, canela, azúcar, vainilla y almendras, en Venezuela preparan una variante denominada sésamo (**Crushmag, 2023**).

### 1.1.2.1.Composición nutricional de la horchata de arroz

La composición de las bebidas vegetales de arroz depende de su formulación, pero generalmente aportan entre 40–60 kcal/100 ml, bajas cantidades de proteínas y grasas, y contenidos moderados de carbohidratos disponibles. Pueden estar fortificadas con vitaminas y minerales según el producto comercial (Najman et al., 2024).

**Tabla 3.**

*Composición nutricional de la bebida vegetal elaborada con arroz.*

Nutriente	Valor representativo
Energía	40–60 kcal
Carbohidratos totales	8.0–13.0 g
Azúcares	3.0–7.0 g
Proteínas	0.1–0.6 g
Grasas totales	0.2–1.1 g
Fibra dietaria	0–0.3 g
Sodio	10–40 mg
Calcio	80–120 mg fortificada
Vitamina D	0.5–1.0 µg (fortificada)

Nota : Solo en bebidas comerciales fortificadas

Fuente: Najman et al. (2024)

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar el efecto prebiótico de una bebida tipo horchata mexicana suplementada con el hongo melena de león (*Hericiium erinaceus*).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Desarrollar una bebida tipo horchata mexicana con base de harina de arroz, y hongo melena de león (*Hericiium erinaceus*).
- Estimar el efecto prebiótico de la horchata elaborada con el hongo melena de león (*Hericiium erinaceus*).
- Caracterizar mediante un análisis proximal, microbiológico y sensorial la horchata que muestre el mayor efecto prebiótico

## CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

En las Tablas 4, 5, 6 y 7 se presentan detalladamente los materiales, insumos y equipos utilizados durante el desarrollo de la fase experimental de la investigación.

**Tabla 4.**

*Materia prima alimentaria.*

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Harina de arroz	40 g
Hongo melena de león	200 g
Canela	0,10 g
Esencia de vainilla	0,10 g
Clavo de olor	0,10 g
Leche condensada	10 g

**Tabla 5.**

*Reactivo.*

<b>Reactivo</b>	<b>Cantidad estimada</b>
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	25,6 g
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	6 g
NaCl	1 g
$\text{NH}_4\text{Cl}$	2 g
Agar MRS	100g
CHROMagar	100g
PDA	5g
Manitol salado	5g
Agua destilada	5 000 ml
NaOH	2,02 g

**Tabla 6.***Material fungible.*

<b>Material fungible</b>	<b>Cantidad</b>
Matraces (100 ml)	6 unidades
Tubos de ensayo	10 unidades
Placas Petri de plástico	168 unidades
Placas Petrifilm	3 unidades
Guantes de látex	1 caja
Mascarillas	1 caja
Cofias	12 unidades

**Tabla 7.***Equipos.*

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>
Licuadora	1
Potenciómetro (pH)	1
Refractómetro digital (°Brix)	1
Sistema de acidez titulable	1
Mufla (determinación de cenizas)	1
Autoclave	1
Incubadora (37 °C)	1
Termómetro	1
Balanza analítica	1
Cocina	1
Ollas	1
Cámara de flujo	1
Micropipetas	1
Refrigeradora	1

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Desarrollo de una bebida tipo horchata con base de harina de arroz, y hongo melena de león (*Hericium erinaceus*).

Los ingredientes empleados fueron adquiridos en establecimientos locales. En particular, el hongo melena de león se obtuvo en una tienda de alimentos orgánicos llamada “Llampi” ubicada en Quito, Ecuador.

#### 2.2.1.1 Formulaciones

Se utilizó la formulación propuesta por Vivanco (2021) con modificaciones. La composición ajustada se detalla en la *Tabla 8*.

**Tabla 8.**

*Formulación de la bebida tipo horchata mexicana.*

<b>Ingrediente</b>	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)	F4 (%)
Agua	84	86,5	89	91,5
Harina de arroz	4,5	4,5	4,5	4,5
Hongo melena de león	10	7,5	5	2,5
Leche condensada	1	1	1	1
Vainilla	0,25	0,25	0,25	0,25
Clavo de olor	0,15	0,15	0,15	0,15
Canela	0,1	0,1	0,1	0,1
Total	100	100	100	100

Fuente: **Vivanco (2021)**.

### **2.2.1.2 Elaboración de la bebida tipo horchata mexicana**

Para la elaboración de la bebida tipo horchata mexicana se emplearon cuatro formulaciones presentadas en la Tabla 8, diferenciadas únicamente por la concentración de extracto de hongo melena de león. Inicialmente, se pesaron los ingredientes correspondientes a cada tratamiento y se mezcló el agua con la harina de arroz bajo agitación continua hasta obtener una suspensión homogénea. A este premezclado se incorporaron las especias, asegurando su distribución uniforme dentro de la matriz.

La mezcla fue sometida a un proceso de licuado durante 3 minutos, para favorecer la reducción del tamaño de partícula y mejorar la estabilidad de la suspensión, Esta mezcla fue doblemente tamizada para eliminar el bagazo y parte del almidón. La mezcla fue pasteurizada a 72 °C durante 15 segundos para reducir la carga microbiana y se agregó leche condensada. Una vez alcanzada esta temperatura se dejó enfriar hasta 25 °C y en ese punto el hongo fue incorporado asegurando su dispersión homogénea mediante agitación, la bebida fue envasada en botellas de vidrio y almacenada a 4 °C hasta su caracterización (Vivanco, 2021).

En el proceso de la formulación de la bebida tipo horchata mexicana suplementada con hongo melena de león se seleccionaron cuatro niveles de suplementación (10 %, 7,5 %, 5 % y 2,5 %) con el objetivo de evaluar el efecto de la concentración del hongo sobre la selectividad prebiótica y determinar la dosis óptima para promover el crecimiento diferencial de *Lactobacillus salivarius* frente a *Escherichia coli*, asegurando su adecuada disponibilidad en la matriz líquida para los ensayos prebióticos.

### **2.2.2 Estimación del efecto prebiótico de la horchata mexicana elaborada con el hongo melena de león (*Hericiium erinaceus*).**

La estimación del efecto prebiótico de una bebida tipo horchata mexicana suplementada con hongo melena de león, se llevó a cabo a través del medio mineral M9 conforme a la metodología descrita por Elbing y Brent (2017) con las modificaciones, se usó *Lactobacillus salivarius* (probiótico) y *Escherichia coli* (bacteria indicadora).

El *L. salivarius* se adquirió de forma comercial, por lo que no requirió un proceso de reactivación previo. En el caso de *E. coli*, la cepa fue purificada mediante estriado en agar CHROMagar™, e incubada a 37 °C durante 24 horas, para obtener colonias viables para su posterior inoculación en medio M9.

### 2.2.2.1 Preparación del medio mineral M9

Se establecieron tratamientos específicos para cada microorganismo, se evaluó su crecimiento microbiano en los tiempos 0 y 48 horas de incubación. La composición del medio M9 se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Formulación para el medio M9.*

Compuesto	Cantidad (g/L)
Fosfato de sodio (dibásico) heptahidratado ( Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	25.6
Fosfato monopotásico (KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	6
Cloruro de sodio (NaCl)	1
Cloruro de amonio (NH <sub>4</sub> Cl)	2
Agua destilada	1 L

**Fuente:** Elbing (2017).

El medio mineral M9 se preparó disolviendo los compuestos en agua destilada, ajustando el pH a 6.7 y completando el volumen a 1 litro. La solución obtenida se envasó en una botella de vidrio tipo Boeco de un litro y finalmente se llevó al autoclave a 121 °C por 1h para evitar contaminación (**Elbing, 2017**).

### 2.2.2.2. Estimación del efecto prebiótico

Se emplearon matraces Erlenmeyer de 100 ml, previamente esterilizados y rotulados. En cada matraz se colocaron 50 ml de medio mineral M9 preparado según la formulación estándar. Se añadieron 10 ml de la horchata correspondiente a la formulación F1, F2, F3 o F4 o 10 ml de una solución de glucosa en el caso del control. A continuación, se incorporaron 4 ml de inóculo bacteriano ajustado a la escala de McFarland 0,5. Los microorganismos utilizados fueron *L. Salivarius* como probiótico y *E. coli*, como bacteria indicadora.

Los tratamientos se organizaron de la siguiente manera:

- Tratamientos: M9 + horchata F1 a F4 + microorganismo
- Control positivo (C<sup>+</sup>): M9 + glucosa + microorganismo

Para determinar la actividad prebiótica, los recuentos microbianos se realizaron en dos tiempos: 0 h y 48 h. En el caso del tiempo 0 h se tomó 1 ml de solución de cada matraz y se homogenizó con 9 ml de agua destilada estéril para obtener la dilución 1:10 la cual se sembró directamente en los medios correspondientes. Posteriormente, los matraces se incubaron a 37 °C durante 48 h. Este intervalo se seleccionó porque corresponde al periodo óptimo de crecimiento de *Lactobacillus salivarius*, permitiendo alcanzar la fase logarítmica tardía, etapa en la que se expresa con mayor claridad su capacidad fermentativa, competitiva y de aprovechamiento de los compuestos prebióticos.

A las 48 h de incubación, se prepararon diluciones seriadas en tubos que contenían 9 ml de agua destilada estéril. Para *Lactobacillus salivarius*, se realizaron diluciones hasta 10<sup>-12</sup>, mientras que para la muestra control la dilución máxima fue 10<sup>-8</sup>. La siembra se efectuó por duplicado en agar MRS, utilizando la última dilución y un volumen de inóculo de 0,1 ml. En el caso de *Escherichia coli*, se prepararon diluciones hasta 10<sup>-5</sup> y se sembró la última dilución en CHROMagar™, también por duplicado y empleando 0,1 ml de inóculo. Los recuentos se obtuvieron a las 24 h de incubación.

El número de UFC/ml se obtuvo empleando la Ecuación:

$$UFC/ml = \frac{\#Colonias\ observadas\ (UFC) * Inverso\ de\ la\ dilución}{Volumen\ inoculado\ (ml)}$$

#### Ecuación 1.

Para determinar el efecto prebiótico, se evaluó la capacidad de las formulaciones de horchata para favorecer el crecimiento de bacterias probióticas o entéricas. El cálculo de dicho efecto se realizó a partir de los valores de UFC/ml obtenidos del recuento, aplicando la ecuación 2 (Naqash et al., 2023).

#### Actividad prebiótica

$$= \left[ \frac{(UFC/ml(L. salivarius/H) a 48h - UFC/ml(L. salivarius/H) a 0h)}{(UFC/ml(L. salivarius/glucosa) a 48h - UFC/ml(L. salivarius/glucosa) a 0h)} \right] - \left[ \frac{(UFC/ml(E. coli/H) a 48h - UFC/ml(E. coli/H) a 0h)}{(UFC/ml(E. coli/glucosa) a 48h - UFC/ml(E. coli/glucosa) a 0h)} \right]$$

#### Ecuación 2.

##### Donde:

*L. salivarius*/H: crecimiento de *L. salivarius* en medio M9 suplementado con horchata

*L. salivarius*/glucosa: crecimiento de *L. salivarius* en medio M9 suplementado con glucosa

*E. coli*/H: crecimiento de *E. coli* en medio M9 suplementado con horchata

*E. coli*/glucosa: crecimiento de *E. coli* en medio M9 suplementado con glucosa. H: Horchata

## 2.3 Caracterización mediante un análisis proximal, microbiológico, y sensorial de la horchata con mayor efecto prebiótico

### 2.3.1 Análisis proximal

Los análisis proximales de la muestra seleccionada se realizaron en los laboratorios académicos de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, siguiendo métodos estandarizados:

#### 2.3.1.1 pH

Se midió el pH de 20 ml de horchata en duplicado utilizando un potenciómetro calibrado con soluciones tampón pH 4.0 y 7.0 a 25 °C. La determinación se realizó por duplicado siguiendo la metodología de la Normativa ecuatoriana (NTE 2 337:2008).

#### 2.3.1.2 Grados Brix

Se determinó los °Brix de la horchata en triplicado con un refractómetro digital, calibrado con agua destilada (0 °Brix). Se colocaron 2–3 gotas de muestra sobre la placa de medición y se registró el porcentaje de sólidos solubles (Luna et al., 2023).

#### 2.3.1.3 Acidez titulable

Se incorporó 10ml de muestra en un matraz, y se diluyeron en 90ml de agua destilada. Posteriormente se añadieron 3 gotas fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 M hasta observar el cambio de color característico, de acuerdo con el método descrito por la AOAC 947.05, adaptado para bebidas vegetales. La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico equivalente.

$$A = \frac{(V_1 \times N_{NaOH} \times F_{meq\acute{a}cido})100}{v_2}$$

### Ecuación 3.

#### Donde:

- A = gramos de ácido que estuvieron presentes en 1000 ml del producto.
- $V_1$  = volumen (ml) de solución de NaOH que se utilizó para titular la alícuota.
- $N_{naoh}$  = normalidad de la solución de hidróxido de sodio que se empleó en la titulación.

- $F_{\text{meq ácido}}$  = peso equivalente del ácido que se consideró como referencia para el cálculo.
- $V_2$  = volumen (ml) de la alícuota que se tomó para realizar el análisis.

#### 2.3.1.4 Humedad

El contenido de humedad se determinó empleando una balanza de humedad CITIZEN, la cual opera en un rango de temperatura de 30 a 200 °C y permite medir de 0 a 100 % de humedad. Para el análisis se utilizaron muestras de 3 a 10 g el tiempo de secado fue de 1h (Gómez et al., 2029).

#### 2.3.1.5 Cenizas

Se empleó la metodología propuesta por Luna et al. (2023), se tomaron 3 g de muestra en crisoles de porcelana, se calcinó la muestra en un mechero dentro de una campana, hasta determinar la inexistencia de humo, una vez completada la carbonización, la muestra se introdujo en una mufla a 550 °C durante 2 h, hasta de obtener cenizas de color blanco o ligeramente gris y el residuo inorgánico fue pesado. Se aplicó la Ecuación 4 para el cálculo

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{P_2 - P_1}{P_m} \times 100$$

#### Ecuación 4. Cenizas

En donde

$P_2$  = Peso del crisol vacío

$P_1$  = Peso del crisol con la muestra calcinada

$P_m$  = Peso de la muestra

Los análisis de Fibra dietética, grasa y proteína se realizaron en los Laboratorios de control y análisis de alimentos (LACONAL).

#### 2.3.1.6 Contenido de grasa

El laboratorio LACONAL utilizó el método de Gravimetría de la AOAC Ed. 22. 2023 2003.06 para la determinación de grasa.

#### 2.3.1.7 Fibra dietética

El laboratorio LACONAL utilizó el método Gravimétrico–Enzimático de la AOAC 985.29. Ed. 22. 2023 para la determinación de fibra dietética total.

### 2.3.1.8 Determinación de proteínas

El laboratorio LACONAL utilizó el método Kjeldhal de la PE03-7.2-FQ. AOAC Ed. 22.2023 2001.11 para la determinación de proteína.

### 2.3.1.9 Carbohidratos totales

Se estimó por diferencia, utilizando los resultados de los demás análisis proximales:

$$\% C = 100\% - (\% H + \% F + \% C + \% G + \% P)$$

#### Ecuación 5.

##### En donde

**C** = Carbohidratos totales

% H = Porcentaje de humedad.

% F= Porcentaje de fibra.

% C= Porcentaje de cenizas.

% G= Porcentaje de grasa.

% P= Porcentaje de proteína.

(Ramírez, 2023).

### 2.3.2 Análisis microbiológico

El recuento de microorganismos se llevó a cabo conforme los criterios y límites microbiológicos determinados por el **Reglamento Técnico Ecuatoriano NTE INEN 2 337: 2008**, la cual establece los requisitos para jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales.

Se tomaron 10 ml de horchata y se incorporó con 90 ml de agua peptonada esterilizada (1:10), considerándose esta la primera dilución, se realizó el método de siembra por extensión por triplicado y un conteo de colonias visibles.

En cuanto al recuento de aerobios mesófilos se usó agar PCA; para la detección de *mohos* y *levaduras*, agar PDA; en el caso de *coliformes*, Petrifilm; y para la identificación de *Staphylococcus aureus* se utilizó agar manitol salado y se empleó para el cálculo **la Ecuación 1**.

### 2.3.3 Análisis sensorial

La evaluación sensorial de la horchata mexicana, fue únicamente del mejor efecto prebiótico se desarrolló con un panel semientrenado de 35 catadores, siguiendo la metodología de Mendoza (2023):

- **Condiciones de prueba:** Las pruebas se efectuaron en la mañana en cubículos individuales con iluminación y temperatura controladas.
- **Muestras:** Se sirvieron 20 ml de muestra en vasos plásticos codificados con códigos numéricos aleatorios, acompañados de agua para limpieza del paladar.

### 2.3.4. Perfil sensorial

Se llevó a cabo el perfil sensorial para determinar la percepción de los catadores semi entrenados, sobre su apariencia, sabor, textura y aceptabilidad general los parámetros correspondientes a cada perfil se detallarán en la Tabla 10.

**Tabla 10.**

*Parámetros del perfil sensorial del mejor tratamiento*

<b>Atributo</b>	<b>Descriptor</b>
<b>Apariencia</b>	Brillo
	Color característico
	Fluidez
	Separación de fases
<b>Sabor</b>	Dulzor
	Terroso
	Característico a cereal
	Lácteo
<b>Textura</b>	Granuloso
	Cre moso
	Graso en boca
	Firmeza

Fuente: **Elaboración propia**

También se determinó una prueba de aceptación reflejada en la Tabla 5, se aplicó una escala estructurada de 5 puntos, donde, 1; representa me disgusta mucho, 2; me disgusta, 3; ni me gusta ni me disgusta, 4; me gusta, 5; me gusta mucho.

**Tabla 11.**

*Escala de 5 puntos para la aceptación*

<b>Aceptabilidad</b>	<b>Nivel</b>
1. Me disgusta mucho	1
2. Me disgusta	2
3. Ni me gusta ni me disgusta	3
4. Me gusta	4
5. Me gusta mucho	5

Fuente: **Mendoza (2023).**

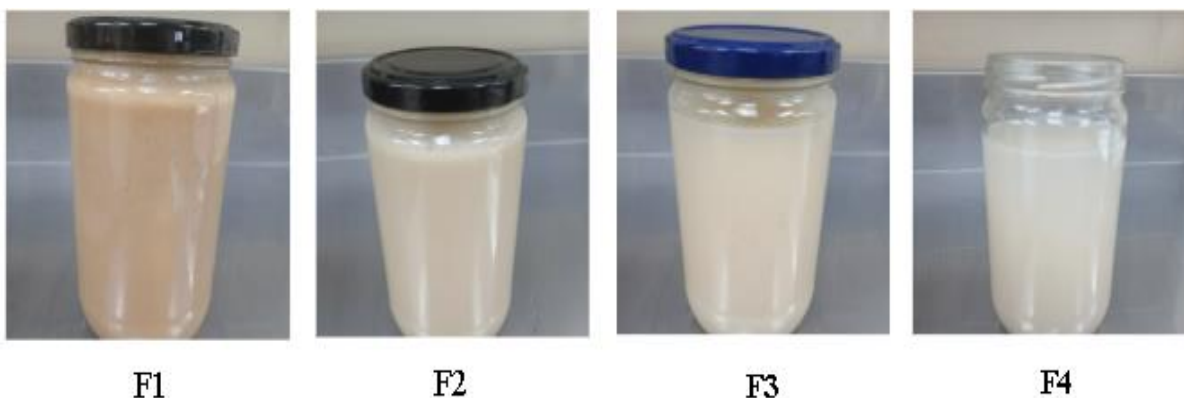
## CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Bebida tipo horchata mexicana

En la figura 3 se presentan los resultados de las formulaciones propuestas (bebidas tipo horchata mexicana).

#### **Figura 3.**

Bebidas tipo horchata mexicanas.



**Nota:** Las formulaciones presentan diferencias visuales asociadas a su concentración; F1 (10%) muestra mayor opacidad y densidad, mientras que F2 (7.5%), F3 (5%) y F4 (2.5%) evidencian una disminución progresiva en turbidez y viscosidad.

En la Figura 3 se observa la apariencia de las cuatro formulaciones (F1–F4) suplementadas con diferentes concentraciones de hongo melena de león. El aspecto visual presentó variaciones directamente relacionadas con el nivel de adición del hongo. La formulación F1 mostró una apariencia más densa, homogénea y con un color beige característico, ya que transmite cuerpo, estabilidad y una percepción de naturalidad. A medida que disminuyó la concentración del hongo (F2–F4), la bebida presentó menor viscosidad, color más claro y ligera tendencia a la separación de fases, especialmente en F4.

Estas diferencias se explican por la presencia de polisacáridos, principalmente  $\beta$ -glucanos, con alta capacidad de retención de agua y formación de redes tridimensionales que incrementan la viscosidad (Egressy et al., 2016). Estos compuestos poseen una notable capacidad para retener agua y formar redes tridimensionales, lo que evidenció un incremento la viscosidad, contribuye a mantener los sólidos en suspensión dentro del sistema coloidal. Por esta razón, las formulaciones con mayor concentración de hongo F1, presentan una matriz más uniforme y estable (He et al., 2017).

La mayor intensidad cromática en F1 se asocia a la presencia de compuestos fenólicos y terpenoides del hongo, responsables de la dispersión diferencial de luz. En contraste, las formulaciones F3 y F4 no alcanzan la concentración necesaria para generar una red polisacáridica estable, reflejando así una menor consistencia y estabilidad coloidal ( Li et al., 2018).

Esta tendencia observada entre las formulaciones F1–F4 es consistente con hallazgos reportados en otros sistemas suplementados con hongos funcionales. Por ejemplo, Zhang et al. (2021) evaluaron bebidas enriquecidas con extracto de *Hericiium erinaceus* y demostraron que concentraciones superiores al 8–10% incrementan significativamente la viscosidad, estabilidad coloidal y opacidad debido a la alta capacidad de los  $\beta$ -glucanos para formar redes tridimensionales y retener agua, resultados que coinciden con la estabilidad visual observada en F1. De manera similar, Kakon, Choudhury y Saha (2020) señalaron que formulaciones con bajas concentraciones de hongos medicinales tienden a mostrar separación de fases y menor turbidez por la insuficiente formación de matriz polisacáridica, lo cual se evidencia en F3 y especialmente en F4. Estas comparaciones respaldan que la adición de hongos con alto contenido de polisacáridos desempeña un rol determinante en la viscosidad, color y estabilidad fisicoquímica de bebidas funcionales.

### 3.2 Efecto prebiótico

**Tabla 12.**

Número de UFC/ml de *L. salivarius* y *E. coli*.

Muestra	<i>L. salivarius</i> (0 h)	<i>L. salivarius</i> (48 h)	<i>E. coli</i> (0 h)	<i>E. coli</i> (48 h)
Control	$1,97 \times 10^4$	$2,00 \times 10^9$	$3,10 \times 10^3$	$7,60 \times 10^7$
F1	$2,00 \times 10^2$	$7,40 \times 10^{14}$	$3,00 \times 10^3$	$4,80 \times 10^7$
F2	$1,00 \times 10^2$	$5,00 \times 10^{13}$	$3,60 \times 10^3$	$7,20 \times 10^7$
F3	$2,50 \times 10^3$	$4,00 \times 10^{13}$	$2,30 \times 10^4$	$1,87 \times 10^8$
F4	$6,00 \times 10^2$	$2,00 \times 10^{13}$	$2,89 \times 10^4$	$1,76 \times 10^8$

En la tabla 12, se presentan los recuentos microbianos de *L. salivarius* y *Escherichia coli* medidos al tiempo 0 h y después de 48 horas de incubación, para el control (glucosa) y las cuatro formulaciones evaluadas. Los resultados evidenciaron incrementos marcados en el crecimiento de *L. salivarius* en las cuatro formulaciones después de las 48 h de incubación, siendo F1 la que presentó el valor más alto. En contraste, *E. coli* mostró aumentos menores en comparación con el probiótico, lo que indica un comportamiento diferencial.

**Tabla 13.***Logaritmo del recuento microbiano y determinación del efecto prebiótico*

Muestra/ concentración	Recuentos microbianos (log UFC/ml)				Resultado efecto prebiótico
	<i>L. salivarius</i> 0h	<i>L. salivarius</i> 48h	<i>E. coli</i> 0h	<i>E. coli</i> 48h	
Control	4,29	9,30	3,49	7,88	-
F1 (10%)	2,30	14,86	3,47	7,68	1,55
F2 (7,5%)	2,00	13,77	3,55	7,85	1,37
F3 (5%)	3,39	13,60	4,36	8,27	1,14
F4 (2,5%)	2,84	13,30	4,46	8,24	1,23

La suplementación de la bebida tipo horchata mexicana con diferentes concentraciones de hongo melena de león evidenció un efecto prebiótico, determinado mediante el crecimiento comparado de *L. salivarius* y *Escherichia coli* en medio M9. Los resultados mostraron que todas las formulaciones presentaron valores positivos del índice de actividad prebiótica (Ap), sin embargo, la formulación F1 (10 %) fue la que registró el valor más alto (Ap = 1,55), lo que refleja una mayor selectividad hacia bacterias ácido-lácticas.

El comportamiento observado se relaciona directamente con la presencia de polisacáridos no digeribles del hongo, particularmente  $\beta$ -glucanos, que funcionan como sustratos fermentables utilizados preferentemente por bacterias ácido-lácticas (**Chen et al., 2025**). Estos compuestos promueven la proliferación de microorganismos benéficos y fortalecen la microbiota intestinal, (**Valu et al., 2020**). La capacidad de los  $\beta$ -glucanos para estimular selectivamente el crecimiento de *Lactobacillus spp.* explica el marcado incremento observado en 48 h, fenómeno también reportado por **Zhu et al. (2023)**.

En contraste, *E. coli* mostró un crecimiento limitado en todas las formulaciones suplementadas con el hongo. Esto puede atribuirse a su menor capacidad para metabolizar carbohidratos complejos en medios mínimos, como señalan **Elbing & Brent (2017)**. Además, **Li et al. (2018)** indican que extractos

de *Hericium* contienen compuestos fenólicos con actividad antimicrobiana que generan condiciones menos favorables para bacterias Gram negativas, lo que coincide con los resultados obtenidos.

El control positivo con glucosa, presentó un incremento microbiano constante debido a la disponibilidad inmediata de un carbohidrato simple y fácilmente metabolizable para *L. salivarius*. Según **Ayala et al. (2018)**, la glucosa es utilizada rápidamente por bacterias ácido-lácticas, lo que justifica su inclusión como referencia para comparar la eficiencia de los carbohidratos complejos presentes en el hongo (**Colorado, 2022**).

Las diferencias entre F1, F2, F3 y F4 se explican por la variación en la disponibilidad y accesibilidad de los polisacáridos presentes en cada formulación. F1 presentó el mayor Ap (1,55) al contener la mayor concentración de sustratos fermentables. Este valor supera reportes para prebióticos convencionales como la inulina, donde **Naqash et al. (2023)** describen incrementos de 0,8 a 1,2 log UFC/ml en *Lactobacillus acidophilus*. Esto sugiere que el hongo melena de león posee una eficiencia biológica notable como fuente prebiótica natural.

Además, F1 mostró una relación más favorable entre extracto de hongo y azúcares de la base de arroz, generando una sinergia metabólica que facilita la fermentación y la producción de metabolitos estimuladores del crecimiento probiótico, (**Yu et al., 2022**).

La formulación F2 obtuvo un Ap de 1,37, menor que F1, pero aún representativo de una actividad prebiótica positiva. La reducción está asociada a la menor disponibilidad de polisacáridos fermentables, aunque la concentración aún fue suficiente para promover un crecimiento apreciable de *L. salivarius* (**Yang et al., 2018**).

En F3 y F4 se registraron los valores más bajos (1,23 y 1,14), lo cual sugiere limitaciones en la disponibilidad o accesibilidad de los compuestos prebióticos. Sin embargo, el valor ligeramente superior en F4 podría deberse a una interacción más equilibrada entre el contenido de hongo y la matriz vegetal (**Priori, 2023**). **Tian et al. (2022)** sugieren que la solubilidad y liberación de compuestos activos puede mejorar en determinadas proporciones de matriz, permitiendo una utilización microbiana más eficiente incluso con menor concentración del hongo como muestran los resultados.

De acuerdo con **Ge et al. (2025)**, estos resultados evidencian que la eficacia prebiótica depende tanto de la cantidad de compuestos bioactivos como de su disponibilidad en la matriz alimentaria, por lo que coincide con la tendencia observada en las formulaciones evaluadas. Por otro lado, el crecimiento reducido de *E. coli* en las formulaciones con hongo confirma lo determinado por **Romano et al. (2024)**, quienes describen que extractos de *Hericium* exhiben actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram negativas debido a la acción de compuestos fenólicos y terpenoides sobre su membrana celular.

### **3.3. Análisis sensorial, microbiológico y proximal**

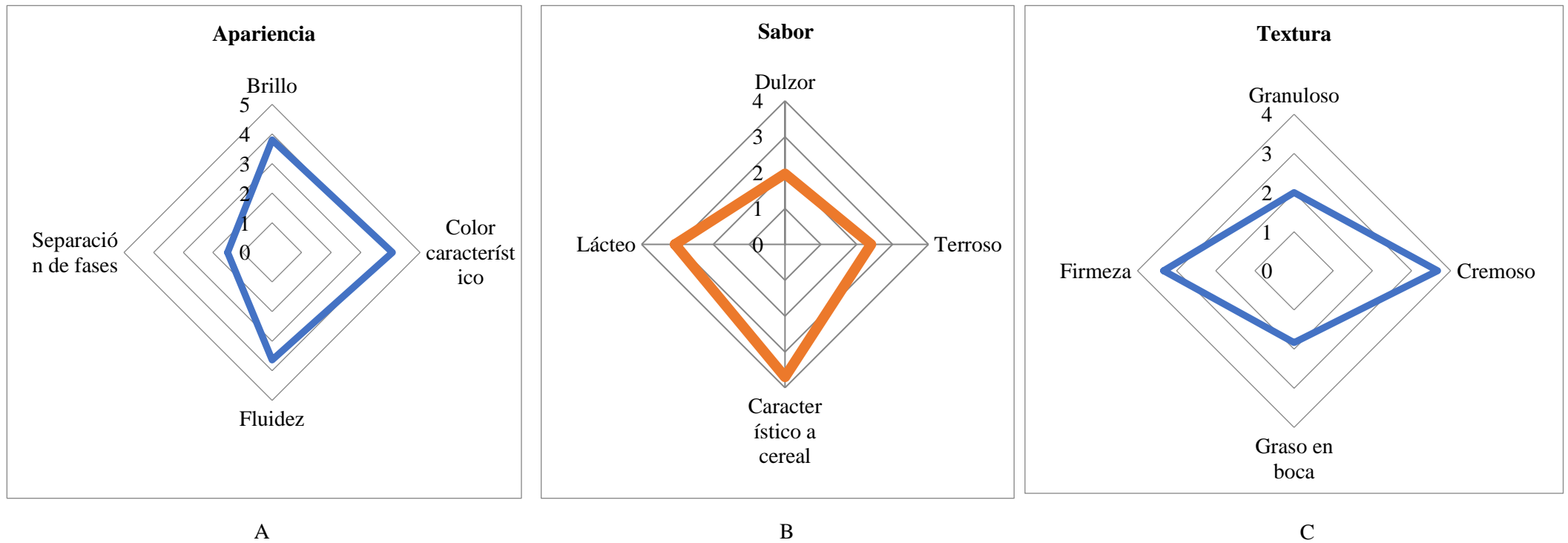
La formulación F1 (10 %) fue seleccionada como la más adecuada debido a que presentó el mayor índice de actividad prebiótica (Ap), evidenciando la mejor capacidad para favorecer el crecimiento de *Lactobacillus salivarius* frente a *Escherichia coli*. La comparación de los recuentos microbianos a 0 y 48 horas confirmó su superioridad frente a las demás concentraciones evaluadas. Esta formulación fue elegida para su posterior caracterización fisicoquímica, microbiológica y sensorial.

#### **3.3.1. Análisis sensorial**

El análisis sensorial se realizó con el propósito de evaluar cómo las características organolépticas de la formulación con mayor actividad prebiótica, en cuanto a apariencia, sabor, textura y aceptabilidad y determinar si la incorporación del extracto del hongo melena de león influye de manera positiva en la experiencia general del producto.

**Figura 4.**

Análisis de los atributos sensoriales de la bebida.



La evaluación de apariencia (A) mostró un desempeño favorable en brillo, color característico y fluidez, que obtuvieron puntuaciones cercanas al valor “me gusta”. Los resultados indican que la bebida presenta una apariencia uniforme, limpia y visualmente atractiva para el consumidor. El panel también percibió una baja separación de fases, este resultado es favorable en virtud de que refleja estabilidad física y una integración adecuada entre el extracto del hongo y la base vegetal.

Se observó una apariencia estable relacionada con la presencia de polisacáridos solubles, especialmente  $\beta$ -glucanos del hongo, que incrementan la viscosidad y favorecen la cohesión del sistema, evitando que los sólidos se sedimenten, las proteínas y compuestos fenólicos contribuyen al color beige natural, mientras que la estructura coloidal del almidón de arroz gelatinizado mejora el brillo al reflejar la luz de forma más uniforme (Mykhalevych et al., 2022).

Según Xie et al. (2023), mencionan que los  $\beta$ -glucanos mejoran la estabilidad coloidal y reducen la separación de fases en matrices líquidas, Najman et al. (2024) reportaron que en bebidas vegetales de arroz, la estabilidad visual es directamente proporcional con el contenido de sólidos suspendidos y la capacidad de la matriz para impedir sedimentación, lo que fue un punto favorable en el perfil relacionado con la apariencia del producto desarrollado. De igual forma, Kaur et al. (2024), mencionan que sistemas con baja concentración de polisacáridos presentan mayor claridad y menor cohesión interna, lo que coincide con las puntuaciones más bajas en separación de fases observadas.

Los atributos sensoriales de sabor (B) obtuvieron valoraciones intermedias a favorables. El dulzor, el carácter lácteo y el sabor característico a cereal fueron bien recibidos, ubicándose entre “ni me gusta ni me disgusta” y “me gusta”. Las notas terrosas, propias del hongo, se percibieron de forma moderada, lo cual es adecuado porque no afectó la aceptabilidad general.

El perfil de sabor se atribuye a la presencia de dextrinas y azúcares simples derivados de la hidrólisis del almidón de arroz, los cuales modulan los compuestos volátiles del hongo. La nota láctea está asociada a la liberación de péptidos y compuestos derivados del tratamiento térmico del cereal. Las notas terrosas provienen de terpenoides y metabolitos aromáticos del hongo, pero fueron mitigadas por la matriz rica en carbohidratos, que actúa como modulador gustativo (Aparicio, 2024).

Zhuang et al. (2023), señalaron que los extractos de *H. erinaceus* pueden presentar perfiles sensoriales intensos si no se combinan con matrices adecuadas, la bebida desarrollada alcanzó, un sabor más suavizado y aceptable, lo que evidencia una integración más eficiente de los compuestos del hongo. Chun & Han (2020), indican que las bebidas vegetales con almidones tienen mayor aceptación sensorial debido a su capacidad para equilibrar notas amargas o terrosas, como se vio en los resultados de sabor. Di Renzo et al. (2025), mencionan que bebidas enriquecidas con hongos suelen tener limitaciones de aceptabilidad por su intensidad aromática, como sabores amargos, en contraste, la

formulación desarrollada demostró valores más altos de aceptación en sabor, la matriz vegetal moduló la percepción aromática.

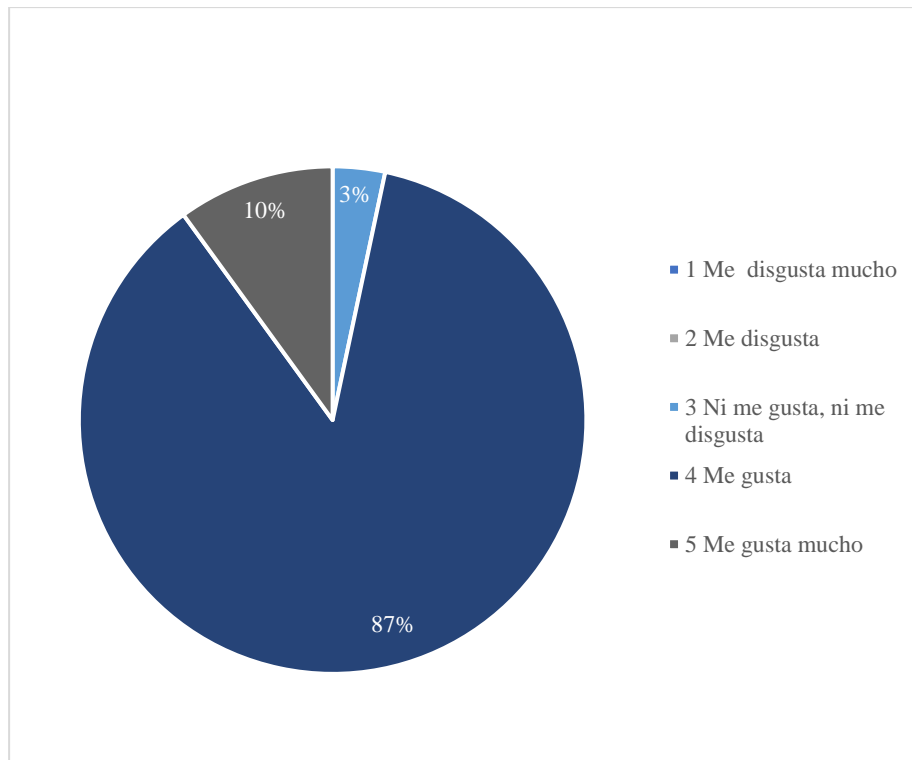
La Figura C, muestra los resultados correspondientes a la textura; la cremosidad y firmeza fueron los atributos mejor valorados. La sensación granulosa y la textura grasosa recibieron puntuaciones bajas, esto genera una textura suave, uniforme y sin partículas indeseables. Los resultados sugieren que la interacción entre el hongo y la base vegetal generó una estructura sensorial agradable.

La textura cremosa se debe a la acción espesante de los polisacáridos no digeribles del hongo, especialmente los  $\beta$ -glucanos, que forman redes tridimensionales capaces de aumentar la viscosidad sin alterar la fluidez. La gelatinización parcial del almidón de arroz contribuye a la cohesión del sistema y mejora la sensación en boca. La baja percepción de granulosidad indica que las partículas insolubles fueron eficientemente incorporadas en la fase líquida (Mykhalevych et al., 2022).

Chiozzi et al. (2021), demostraron que la combinación de polisacáridos fúngicos y almidones produce bebidas con mayor cremosidad y cuerpo, como en el caso de la horchata desarrollada, porque los  $\beta$ -glucanos aumentan la viscosidad sin aportar sensación grasa, lo que se alineó con los puntajes hedónicos obtenidos. Además, estudios previos en bebidas de avena o arroz muestran que matrices ricas en carbohidratos generan sensaciones en boca más agradables.

**Figura 5.**

Aceptabilidad de la bebida



La aceptabilidad global alcanzó un 87 %, lo que indica una evaluación predominantemente positiva (“me gusta”) lo que sugiere que la bebida presentó una alta aceptación por parte del panel. Solo una fracción mínima del 3% percibió una aceptación menor de disgusto. La elevada aceptabilidad puede atribuirse a la combinación armoniosa de los atributos sensoriales evaluados. El equilibrio entre apariencia estable, sabor moderado y textura cremosa favorece la aceptación. Además, los compuestos del hongo, a pesar de su notoriedad en sabor, se integraron adecuadamente en la matriz, evitando cargas aromáticas intensas como el sabor amargo del hongo si se agrega en una concentración muy elevada.

### 3.3.2 Análisis proximal

**Tabla 14.**

*Resultados del análisis proximal.*

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>
pH	6.31
Grados Brix	10.2
Acidez titulable	0.16 %
Humedad	87.50 %
Ceniza	0.52 %
Fibra dietética	2.59 %
Proteína	1.48 %
Grasa	0.742 %
Carbohidratos	7.17 %

El análisis proximal revela que la bebida tiene un contenido elevado de humedad 87.50%, siendo típico en matrices líquidas, y un contenido de carbohidratos de 7.17%, lo que refleja su naturaleza energética y ligera. Con un contenido de fibra dietética de 2.59%, la bebida ofrece un beneficio digestivo moderado, mientras que la proteína (1.48%) y la grasa (0.74%) reflejan principalmente los aportes provenientes tanto del hongo melena de león como de la base vegetal de arroz.

El contenido de fibra de 2,59 % se relaciona con la presencia de  $\beta$ -glucanos y heteropolisacáridos (Aparicio, 2024), los cuales no solo aportan fibra dietética, sino que también contribuyen a la viscosidad y al efecto prebiótico del producto, la presencia de cenizas 0,52 % indica que la bebida contiene minerales derivados tanto del arroz como del hongo. Los resultados del análisis nutricional reflejan un producto con un perfil equilibrado, ligero y apto para consumidores que buscan alternativas vegetales con valor agregado.

Según Najman et al. (2024), indican que las bebidas de arroz comerciales suelen presentar entre 0–0,3 % de fibra y menos de 1 % de proteína, por lo que los valores obtenidos en esta formulación son superiores por el aporte del hongo. Por otro lado, estudios sobre bebidas enriquecidas con hongos funcionales, reportados por Cheng et al. (2021), muestran incrementos en fibra soluble y compuestos bioactivos cuando se incorporan polisacáridos de *Hericium*, lo que explica el perfil encontrado.

### 3.3.3. Análisis microbiológico

**Tabla 15.**

*Resultados del análisis microbiológico.*

Análisis	Resultado (UFC/g)
Aerobios mesófilos	< 10
Mohos y levaduras	< 10
Coliformes totales	Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 10

Los resultados microbiológicos obtenidos para la bebida muestran un perfil higiénico-sanitario adecuado. Los recuentos de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, así como *Staphylococcus aureus*, fueron inferiores a 10 UFC/g, mientras que los coliformes totales resultaron negativos. Los valores indican que la bebida fue elaborada bajo condiciones controladas y que el proceso de formulación, manipulación y envasado evitó la contaminación microbiana.

La baja carga microbiana puede atribuirse a varios factores propios de la formulación y del procesamiento. En primer lugar, el tratamiento térmico aplicado durante la preparación reduce de manera significativa la presencia de microorganismos patógenos según **Campos & Bautista (2025)** el extracto de *Hericium erinaceus* contiene compuestos bioactivos como terpenoides y fenoles que poseen actividad antimicrobiana natural, lo que limita el desarrollo de bacterias y hongos durante el almacenamiento.

**Camacho et al. (2025)**, reportan que extractos de *Hericium* presentan actividad contra bacterias Gram positivas y Gram negativas, lo que podría explicar los bajos recuentos observados. Además, los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por normativas de calidad microbiológica la NTE INEN 2 337:2008.

## CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

La evaluación de la bebida tipo horchata mexicana suplementada con hongo melena de león (*Hericium erinaceus*) permitió confirmar el efecto prebiótico, al favorecer de manera selectiva el crecimiento de *Lactobacillus salivarius* frente a *Escherichia coli* en un sistema *in vitro*. Entre las formulaciones desarrolladas, la que contenía el 10 % de hongo (F1) alcanzó el mayor índice de actividad prebiótica ( $Ap = 1,55$ ), por lo que puede considerarse una bebida con alto potencial para contribuir al mantenimiento del equilibrio de la microbiota intestinal, dentro de las condiciones experimentales evaluadas.

Se desarrollaron cuatro formulaciones de bebida tipo horchata mexicana utilizando harina de arroz como base vegetal. Las formulaciones se mantuvieron constantes en todos los ingredientes, variando únicamente la concentración del hongo melena de león (10 %, 7,5 %, 5 % y 2,5 %). Este enfoque permitió evaluar de manera precisa el efecto de dicho componente sobre el comportamiento de la bebida sin alterar el resto de la matriz.

La estimación del efecto prebiótico mostró que todas las formulaciones suplementadas con hongo presentaron índices de actividad prebiótica ( $Ap$ ) mayores a cero, lo que confirma su capacidad para estimular el crecimiento de *L. salivarius* y limitar el incremento de *E. coli* en comparación con el control con glucosa. La formulación F1 mostró el mejor desempeño, evidenciando que una mayor concentración del hongo proporciona una mayor cantidad de polisacáridos fermentables, responsables del estímulo diferencial sobre las bacterias benéficas.

Se caracterizó, mediante análisis proximal, microbiológico y sensorial, la formulación que obtuvo la mejor actividad prebiótica; en este caso, la F1. Esta presentó un perfil proximal propio de una bebida ligera, con alta humedad (87,50 %), aporte moderado de carbohidratos (7,17 %) y contenidos de proteína (1,48 %) y fibra (2,59 %) superiores a los reportados para diversas bebidas comerciales de arroz. Los análisis microbiológicos confirmaron la inocuidad del producto. Desde el punto de vista sensorial, la bebida alcanzó una elevada aceptación (87 % de respuestas “me gusta”), destacándose su apariencia estable, sabor equilibrado y textura cremosa.

## 4.2 Recomendaciones

Dado que la formulación F4, aun con el 2,5 % de extracto, presentó un efecto prebiótico mayor a 1, se recomienda que futuras investigaciones evalúen concentraciones aún más bajas para determinar el umbral mínimo en el cual el hongo continúa generando un efecto prebiótico positivo ( $A_p > 0$ ).

Se sugiere realizar estudios de estabilidad durante almacenamiento en refrigeración y temperatura ambiente, evaluando cambios en parámetros como pH, °Brix, color, separación de fases y carga microbiana, con el fin de establecer la vida útil real de la horchata y definir condiciones óptimas de conservación.

Para futuras investigaciones, se recomienda registrar el pH al inicio, durante y al final de cada incubación en el medio M9 suplementado con horchata, permitiría relacionar los cambios de pH con el metabolismo de *L. salivarius* y *E. coli*, así como con la producción de ácidos orgánicos, aportando un parámetro adicional para interpretar el efecto prebiótico.

Se recomienda evaluar el comportamiento de otras cepas probióticas como *Lactobacillus plantarum* o *Bifidobacterium spp.*, para comprobar si la actividad prebiótica se mantiene o varía según el microorganismo.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar Rivas, Á. A., & Angel Manueles, M. E. (2017). Propuesta de nueva distribución en planta y de estandarización de mezcla para preparar bebidas de horchata de morro (*Crescentia alata*) y horchata de arroz (*Oriza sativa*) en la cooperativa ACOPASAN DE RL en el municipio de San Pedro Nonualco, departamento de La Paz.  
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122525/records/6511b0fa58c30050e8a3ea25>
- Álvarez, J., Real, J. M. F., Guarner, F., Gueimonde, M., Rodríguez, J. M., De Pípaon, M. S., & Sanz, Y. (2021). Microbiota intestinal y salud. *Gastroenterología y Hepatología*, 44(7), 519-535.  
<https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2021.01.009>
- AOAC International. (2019). Official methods of analysis of AOAC International (21st ed., Method 947.05). AOAC International.
- Aparicio Valdez, T. S. (2024). Revisión y estudio del perfil químico del hongo *Hericium erinaceus* mediante el uso de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC-MS).
- Arriego, A. (27 de septiembre de 2022). *Micelio vs. cuerpo fructífero de la melena de león: datos clave que debes conocer*. Intelligent Labs. <https://www.intelligentlabs.org/lions-mane-mycelium-vs-fruiting-body/>
- Ayala Monter, Marco Antonio, Hernández Sánchez, David, Pinto Ruiz, René, González Muñoz, Sergio S., Bárcena Gama, José Ricardo, Hernández Mendo, Omar, & Torres Salado, Nicolás. (2018). Efecto prebiótico de dos fuentes de inulina en el crecimiento *in vitro* de *L. salivarius* y *Enterococcus faecium*. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(2), 346-361.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4488>
- Balbuena, C. M. L., Torres, D. B., Díaz, M. E. R., Belloto, M. P., Galeano, E. J., Méndez, G. V., & Centurión, O. (2025). Consumo de prebióticos y probióticos y su relación con la presencia del síndrome metabólico y/o marcadores de riesgo asociados en pacientes ambulatorios. *Medicina Clínica y Social*, 9(1), e559–e559.  
<https://www.medicinaclicinaysocial.org/index.php/MCS/article/view/559>
- Ban, H., Liu, Q., Xiu, L., Cai, D., & Liu, J. (2024). Effect of solid-state fermentation of *Hericium erinaceus* on the structure and physicochemical properties of soluble dietary fiber from corn husk. *Foods*, 13(18), 2895. <https://doi.org/10.3390/foods13182895>
- Barcia Jijón, A. A., García Pérez, M. A., & Tejedor Arias, R. (2024). Microbiota intestinal, probióticos y su relación con el trastorno depresivo mayor: una revisión bibliográfica. *Revista San Gregorio*, 1(58), 101–110. <https://doi.org/10.36097/rsan.v1i58.2756>

- Bonilla-Luna, D., Elías-Ramírez, M., & Juárez-Zamora, A. (2023). Melena de León (*Hericiium erinaceus*): El guardián neuroprotector. RD-ICUAP, 55-67. <https://rd.buap.mx/ojs-rdicuap/index.php/rdicuap/article/view/1180>
- Camacho Rojas, M. J., Ruiz Sierra, M. A., & Zapata Ocampo, P. A. (2025). Cultivo sumergido del hongo *Hericiium erinaceus* para producción de biomasa micelial y polisacáridos.
- Campos, S. B., & Bautista, L. R. (2025). Potencial farmacológico y biotecnológico de *Hericiium erinaceus*: una revisión. Pádi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, 13(25), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10097343>
- Chaikliang, C., Wichienchot, S., Youravoug, W., & Graidist, P. (2015). Evaluation on prebiotic properties of  $\beta$ -glucan and oligo- $\beta$ -glucan from mushrooms by human fecal microbiota in fecal batch culture. *Functional Foods in Health and Disease*, 5(11), 395-405.
- Cheng, S., Ling, B., Liu, X., Liu, L., Feng, J., Zhang, J., Yang, Y., Wu, D., Guo, Q., & Liu, Y. (2025). Structural characterization of  $\beta$ -glucan in *Hericiium erinaceus* pretreated by steam explosion and its effects on human gut microbiota *in vitro*. *Food Chemistry*, 482(144156), 144156. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144156>
- Cheng, P., Liao, H., Kuo, C., & Liu, Y. (2021). Enhanced Erinacine A Production by *Hericiium erinaceus* Using Solid-State Cultivation. *Fermentation*, 7(3), 182. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030182>
- Chiozzi, V., Eliopoulos, C., Markou, G., Arapoglou, D., Agriopoulou, S., El Enshasy, H. A., & Varzakas, T. (2021). Biotechnological Addition of  $\beta$ -Glucans from Cereals, Mushrooms and Yeasts in Foods and Animal Feed. *Processes*, 9(11), 1889. <https://doi.org/10.3390/pr9111889>
- Chun, S., Chambers, E., IV, & Han, I. (2020). Development of a Sensory Flavor Lexicon for Mushrooms and Subsequent Characterization of Fresh and Dried Mushrooms. *Foods*, 9(8), 980. <https://doi.org/10.3390/foods9080980>
- Colorado Campos, J. A. (2022). *Producto fortificado con prebióticos y bacterias lácticas vivas deshidratadas con antagonismo contra microorganismos patógenos gastrointestinales* (Doctoral dissertation).
- Contato, A. G., & Conte-Junior, C. A. (2025). Hongo melena de león (*Hericiium erinaceus*): Un hongo neuroprotector con potencial antioxidante, antiinflamatorio y antimicrobiano. *Nutrientes*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/nu17081307>
- Egressy-Molnár, O., Ouerdane, L., Györfi, J., & Dernovics, M. (2016). Analogy in selenium enrichment and selenium speciation between selenized yeast *Saccharomyces cerevisiae* and *Hericiium*

- erinaceus* (lion's mane mushroom). *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 68, 306–312. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.028>
- Elbing, K. (2017). Recipes and tools for culture of *Escherichia coli*. *Physiology & Behavior*, 176(1), 139–148. <https://doi.org/10.1002/cpmb.83>
- Friedman, M. (2015). Química, nutrición y propiedades beneficiosas para la salud de los cuerpos fructíferos y micelios de los hongos *Hericiium erinaceus* (melena de león) y sus compuestos bioactivos. *Revista de química agrícola y alimentaria*, 63(32), 7108–7123. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jafc.5b02914>
- García Janer, P. (2024). Probióticos, prebióticos y enfermedades gastrointestinales. <http://redi.ufasta.edu.ar/jspui/handle/123456789/2386>
- Gonzalez, M. P. C., Zea, L. M. F., & Alvarez, A. M. O. (2014). Desarrollo de una bebida vegetal a partir de harina de arroz con adición del probiótico (*Lactobacillus delbrueckii*). *Alimentos Hoy*, 22(32), 25–33.
- Guillot, C. D. C. (2017). Microbiota intestinal, probióticos y prebióticos. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6233760>
- He, X., Wang, X., Fang, J., Chang, Y., Ning, N., Guo, H., ... & Zhao, Z. (2017). Structures, biological activities, and industrial applications of the polysaccharides from *Hericiium erinaceus* (Lion's Mane) mushroom: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 97, 228–237. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.040>
- Hernández, A. G. (2023). Bebidas vegetales y sus aportes funcionales. <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/11681>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1984). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1087:1984. Determinación de pH. Quito, Ecuador: INEN.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2008). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337:2008. Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. Quito, Ecuador: INEN.
- Ge, F., Chen, Y., Wang, B., Zhou, W., Du, B., & Hou, L. (2025). Bioactive Polysaccharides from *Hericiium erinaceus*: Extraction, Structure, Bioactivities, and Applications. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 30(8), 1850. <https://doi.org/10.3390/molecules30081850>
- Gómez-Flores, L. D. J., Martínez-Ruiz, N. D. R., Enríquez-Anchondo, I. D., Garza-Ocañas, F., Nájera-Medellín, J. A., & Quiñónez-Martínez, M. (2019). Análisis proximal y de composición mineral de cuatro especies de hongos ectomicorrízicos silvestres de la Sierra Tarahumara de Chihuahua.

TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas, 22, 1–10.  
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.184>

- Jara Blas, L. M. (2024). Efecto de una mezcla de probióticos, prebióticos, enzimas y minerales en el comportamiento productivo y morfometría intestinal en broilers. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/901c0b9b-b9ad-453a-a9dd-863a59e4266f>
- Kakon, A. J., Choudhury, M. B. K., & Saha, S. (2020). Food value and medicinal uses of mushrooms: A review. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 8(3), 27–33. [https://www.researchgate.net/publication/360575035\\_Medicinal\\_value\\_of\\_edible\\_mushrooms\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/360575035_Medicinal_value_of_edible_mushrooms_A_review)
- Kaur, P., Kaur, K., Kaur, J., Basha, S. J., & Kennedy, J. F. (2024). Augmenting the quality and storage stability of soymilk by incorporation of untreated and ozonated oat 1, 4-β-D-glucan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 265, 130788.
- Kumar, K., Mehra, R., Guiné, R. P. F., Lima, M. J., Kumar, N., Kaushik, R., Ahmed, N., Yadav, A. N., & Kumar, H. (2021). Edible mushrooms: A comprehensive review on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. *Foods*, 10(12), 2996. <https://doi.org/10.3390/foods10122996>
- Lai, Y., Wang, Y., Liu, C., Lou, G., Feng, J., & Li, Y. (2025). *In vitro* fermentation characteristics and prebiotic activity of herbal polysaccharides: a review. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1687766.
- Li, I., Lee, L., Tzeng, T., Chen, W., Chen, Y., Shiao, Y., & Chen, C. (2018). Neurohealth Properties of *Hericium erinaceus* Mycelia Enriched with Erinacines. *Behavioural Neurology*, 2018, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2018/5802634>
- Liu, J., Wang, W., Hu, Q., Wu, X., Xu, H., Su, A., Xie, M., & Yang, W. (2022). Bioactivities and molecular mechanisms of polysaccharides from *Hericium erinaceus*. *Journal of Future Foods*, 2(2), 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.007>
- López, Y. L. P., Torres-Rosas, R., & Argueta-Figueroa, L. (2023). Mecanismos de acción de los probióticos en la inhibición de microorganismos cariogénicos. *Revista Médica Clínica las Condes*, 34(3), 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2023.03.010>
- Luna, A., Romo, S., & Pérez, D. (2023). Bebida vegetal a base de arroz-avena adicionada con alimentos funcionales chícharo verde-chía-alfalfa. *Revista Tecnológica CEA*, 73, 73.
- Mendoza, G. R. C., & Leyva, Y. H. L. (2023). Tarea de clasificación en el análisis sensorial de productos alimenticios: una revisión. *Journal of Neuroscience and Public Health*, 3(1), 341–348.

- Mykhalevych, A., Polishchuk, G., Nassar, K., Osmak, T., & Buniowska-Olejnik, M. (2022).  $\beta$ -Glucan as a Techno-Functional Ingredient in Dairy and Milk-Based Products-A Review. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(19), 6313. <https://doi.org/10.3390/molecules27196313>
- Najman, K., Ponikowska, P., Sadowska, A., Hallmann, E., Wasiak-Zys, G., Świdorski, F., & Buczak, K. (2024). Physicochemical Properties and Nutritional Relevance of Rice Beverages Available on the Market. *Applied Sciences*, 14(19), 9150. <https://doi.org/10.3390/app14199150>
- Naqash, F., Masoodi, F. A., Dar, B. N., & Manzoor, N. (2023). Effect of degree of esterification on the encapsulation properties and gut health potential of apple pectin. *Journal of Polymers and the Environment*, 31(6), 2424-2433. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-023-02771-8>
- Nimmerfall, I. M., Rodríguez, S. G., Paz, J. W., Munguía, A. R., & Márquez, D. M. (2025). Usos y Aplicaciones de Prebióticos en la Industria Alimentaria. *Journal of BioProcess and Chemical Technology (JBCT)*, 17(34), 9–18.
- NTE INEN. (2008). Instituto Ecuatoriano De Normalización Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2337:2008. 2337, 1–15.
- Peiro, F. J. B. (2025) La Melena de León Propiedades y Beneficios. <https://www.avacoop.com/melena-de-leon-propiedades/>
- Piedrahíta, P. D., Ibarra Vallejo, I. V., Pablo Leal Mora Juan, L. M. J., & Cuartas Pinillos Laura, C. P. L. (2025, 6 mayo). Desarrollo de un nutracéutico con capacidad antioxidante y prebiótica a partir de hongos comestibles. <https://repository.ces.edu.co/items/0d4fcde8-b730-4a49-a0c6-dfeb953777d4>
- Pothuraju, R., Chaudhary, S., Rachagani, S., Kaur, S., Roy, H. K., Bouvet, M., & Batra, S. K. (2021). Mucins, gut microbiota, and postbiotics role in colorectal cancer. *Gut Microbes*, 13(1), 1974795. <https://doi.org/10.1080/19490976.2021.1974795>
- Priori, E. C., Ratto, D., De Luca, F., Sandionigi, A., Savino, E., Giammello, F., Romeo, M., Brandalise, F., Roda, E., & Rossi, P. (2023). *Hericium erinaceus* Extract Exerts Beneficial Effects on Gut-Neuroinflammation-Cognitive Axis in Elderly Mice. *Biology*, 13(1), 18. <https://doi.org/10.3390/biology13010018>
- Qiu, Y., Lin, G., Liu, W., Zhang, F., Linhardt, R. J., Wang, X., & Zhang, A. (2023). Bioactive compounds in *Hericium erinaceus* and their biological properties: a review. *Food Science And Human Wellness*, 13(4), 1825-1844. <https://doi.org/10.26599/fshw.2022.9250152>

- Ramírez-Balboa, G., Balois-Morales, R., León-Fernández, A. E., Bautista-Rosales, P. U., Jiménez-Zurita, J. O., & Montalvo-González, E. (2023). Caracterización fisicoquímica y proximal de almidón y harina de jícama (*Pachyrhizus erosus* L.). *Revista Bio Ciencias*, 10.
- Di Renzo, T., Reale, A., Nazzaro, S., Marena, P., Rahim, M. H. A., Mohd Zaini, N. A., Daud, N. 'A., & Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I. (2025). Performance of Mushrooms in Fermented Beverages: A Narrative Review. *Beverages*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.3390/beverages11010019>
- Romano, L., Napolitano, L., Crocetto, F., Sciorio, C., Priadko, K., Fonticelli, M., Federico, A., Romano, M., & Gravina, A. G. (2024). The potential therapeutic role of *Hericium erinaceus* extract in pathologic conditions involving the urogenital-gut axis: insights into the involved mechanisms and mediators. *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society*, 75(1), 10.26402/jpp.2024.1.01. <https://doi.org/10.26402/jpp.2024.1.01>
- Rondon, L., Añez Zavala, M., Salvatierra Hidalgo, A., Meneses Barrios, R. T., & Heredia Rodriguez, M. T. (2015). Probióticos: generalidades. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 78(4), 123–128. [https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06492015000400006&script=sci\\_arttext](https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06492015000400006&script=sci_arttext)
- Sanmartín, K. R., Barrera, N. S., Ortiz, P. A., González, O. M., & Vallejo, K. R. (2024). El Rol de los Prebióticos en el Tratamiento del Síndrome del Intestino Irritable. *Revista Ecuatoriana de Nutrición Clínica y Metabolismo*, 8(1), 3–9. <https://senpeazuay.org.ec/ojs/index.php/renc/article/view/42>
- Sanz, Y., Collado, M. C., Haros, M., & Dalmau, J. (2004). Funciones metabólico-nutritivas de la microbiota intestinal y su modulación a través de la dieta: probióticos y prebióticos. *Acta Pediatr. Esp*, 520-526. [https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Olagnero/publication/274072309\\_Alimentos\\_funcionales\\_fibra\\_prebioticos\\_probioticos\\_y\\_simbioticos\\_Functional\\_foods\\_Fiber\\_Prebiotics\\_Probiotics\\_and\\_Symbiotics/links/551444180cf2eda0df309817/Alimentos-funcionales-fibra-prebioticos-probioticos-y-simbioticos-Functional-foods-Fiber-Prebiotics-Probiotics-and-Symbiotics.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gabriela-Olagnero/publication/274072309_Alimentos_funcionales_fibra_prebioticos_probioticos_y_simbioticos_Functional_foods_Fiber_Prebiotics_Probiotics_and_Symbiotics/links/551444180cf2eda0df309817/Alimentos-funcionales-fibra-prebioticos-probioticos-y-simbioticos-Functional-foods-Fiber-Prebiotics-Probiotics-and-Symbiotics.pdf)
- Song, Y., Liu, X., Feng, Y., Liu, G., & Duan, Y. (2025). Recent insights into *Hericium erinaceus* polysaccharides: Gastrointestinal, gut microbiota, microbial metabolites, overall health and structure-function correlation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 311(Pt 3), 144013. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.144013>
- Tachabenjarong, N. (2022). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante del hongo melena de león (*Hericium erinaceus*) de diferentes periodos de crecimiento. *ResearchGate.net*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235502016>

- Tian, B., Geng, Y., Xu, T., Zou, X., Mao, R., Pi, X., Wu, W., Huang, L., Yang, K., Zeng, X., & Sun, P. (2022). Digestive Characteristics of *Hericium erinaceus* Polysaccharides and Their Positive Effects on Fecal Microbiota of Male and Female Volunteers During *in vitro* Fermentation. *Frontiers in nutrition*, 9, 858585. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.858585>
- Turk, A., Yeon, S. W., Ryu, S. H., Ko, S. M., Kim, B. S., Hwang, B. Y., & Lee, M. K. (2021). Effect of culture conditions on the content of hericine A, an  $\alpha$ -glucosidase inhibitory constituent of *Hericium erinaceus*. *Scientia Horticulturae*, 288, 110407. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110407>
- Valu, M., Soare, L. C., Sutan, N. A., Ducu, C., Moga, S., Hritcu, L., Boiangiu, R. S., & Carradori, S. (2020). Optimization of ultrasonic extraction to obtain Erinacine A and polyphenols with antioxidant activity from the fungal biomass of *Hericium erinaceus*. *Foods*, 9(12), 1889. <https://doi.org/10.3390/foods9121889>
- Vivanco, L. (2021). Efecto de la concentración de arroz (*Oryza sativa* L.), goma xantana y carboximetilcelulosa en la estabilidad de partículas en suspensión de una bebida tipo horchata. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/2ec23e9e-066a-4fde-b2eb-d650d73b0495/content>
- Xie, A., Dong, Y., Liu, Z., Li, Z., Shao, J., Li, M., & Yue, X. (2023). A Review of Plant-Based Drinks Addressing Nutrients, Flavor, and Processing Technologies. *Foods*, 12(21), 3952. <https://doi.org/10.3390/foods12213952>
- Yang, Y., Zhao, C., Diao, M., Zhong, S., Sun, M., Sun, B., Ye, H., & Zhang, T. (2018). The Prebiotic Activity of Simulated Gastric and Intestinal Digesta of Polysaccharides from the *Hericium erinaceus*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(12), 3158. <https://doi.org/10.3390/molecules23123158>
- Yu, Y., Liu, Z., Song, K., Li, L., & Chen, M. (2023). Medicinal value of edible mushroom polysaccharides: A review. *Journal of Future Foods*, 3(1), 16-23.
- Zerón, A. (2025). El poder de los probióticos, prebióticos, abióticos, simbióticos, psicobióticos, y antibióticos. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana*, 82(2), 51–59. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=119876>
- Zhu, Y., Li, Q., Mao, G., Zou, Y., Feng, W., Zheng, D., Wang, W., Zhou, L., Zhang, T., Yang, J., Yang, L., & Wu, X. (2013). Optimization of enzyme-assisted extraction and characterization of polysaccharides from *Hericium erinaceus*. *Carbohydrate Polymers*, 101, 606–613. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.09.099>

Zhuang, H., Dong, H., Zhang, X., & Feng, T. (2023). Antioxidant activities and prebiotic activities of water-soluble, alkali-soluble polysaccharides extracted from the fruiting bodies of the fungus *Hericiium erinaceus*. *Polymers*, 15(20), 4165. <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/20/4165>

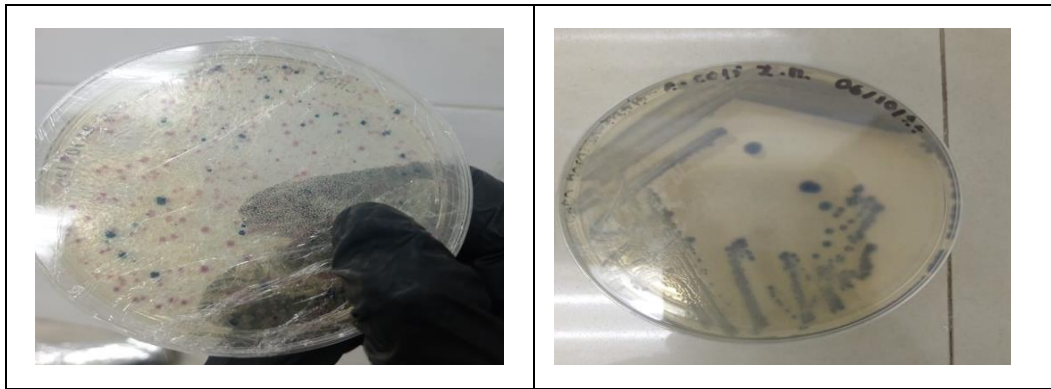
## ANEXOS



**Anexo 1.** Elaboración de la horchata.



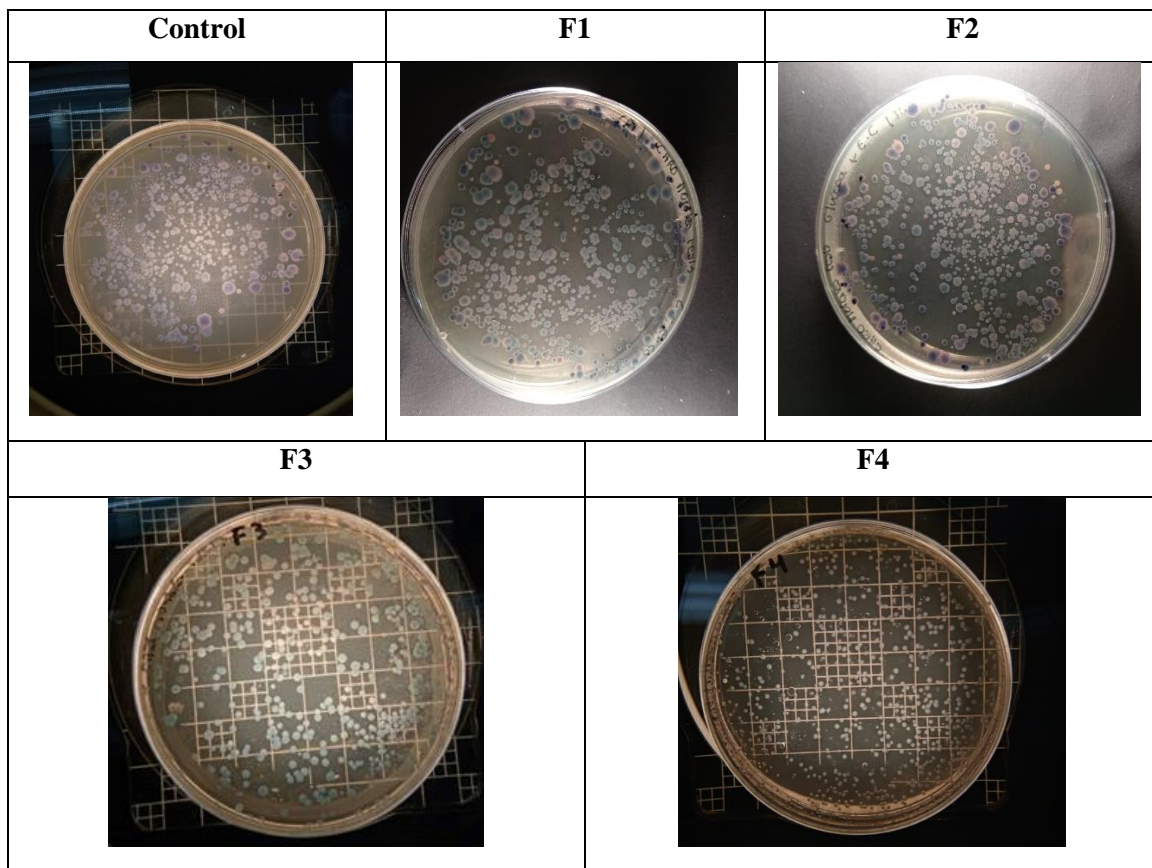
**Anexo 2.** Elaboración del medio M9.



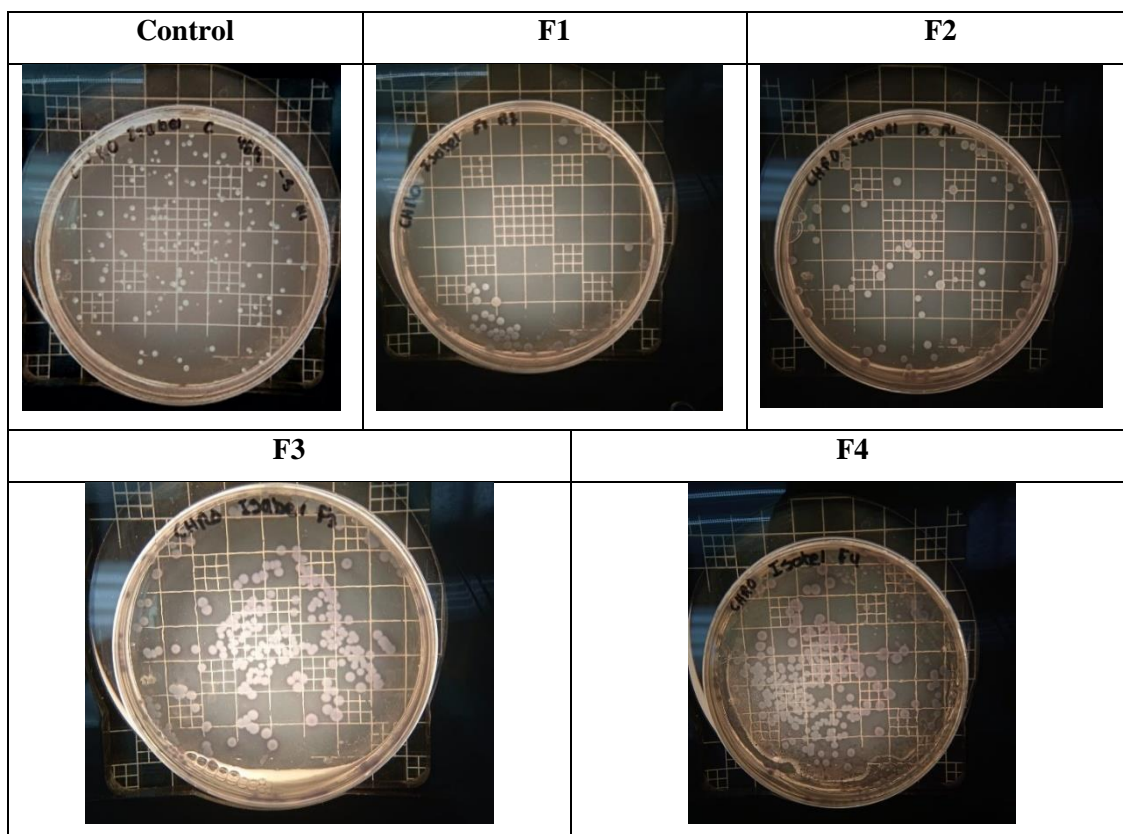
**Anexo 3.** Obtención de *E. coli*.

Elaboración de placas petri	Cámara de flujo con el material	Tratamientos preparados	
			
Materiales Previos a la siembra	Elaboración de las siembras	Incubación 36°C (48h)	Elaboración de diluciones
			

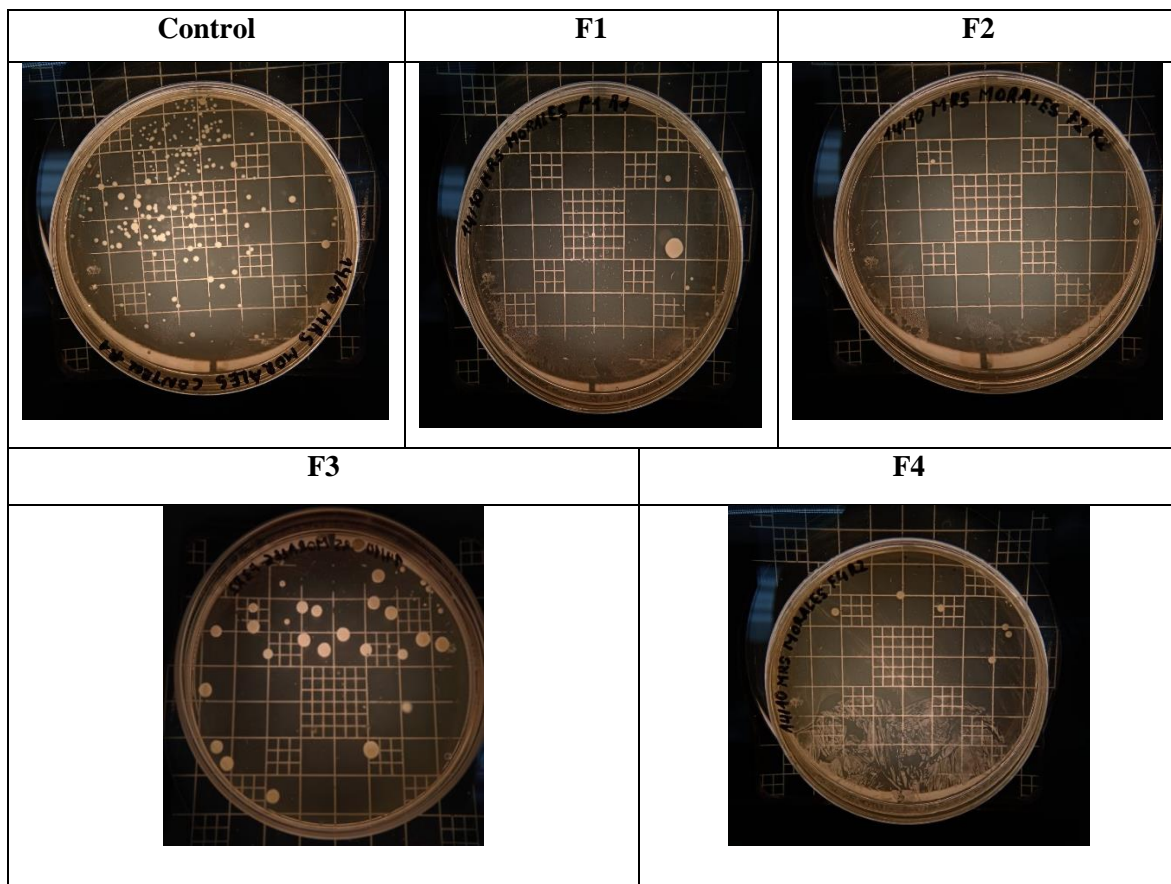
**Anexo 4.** Proceso para realizar la estimación del efecto prebiótico.



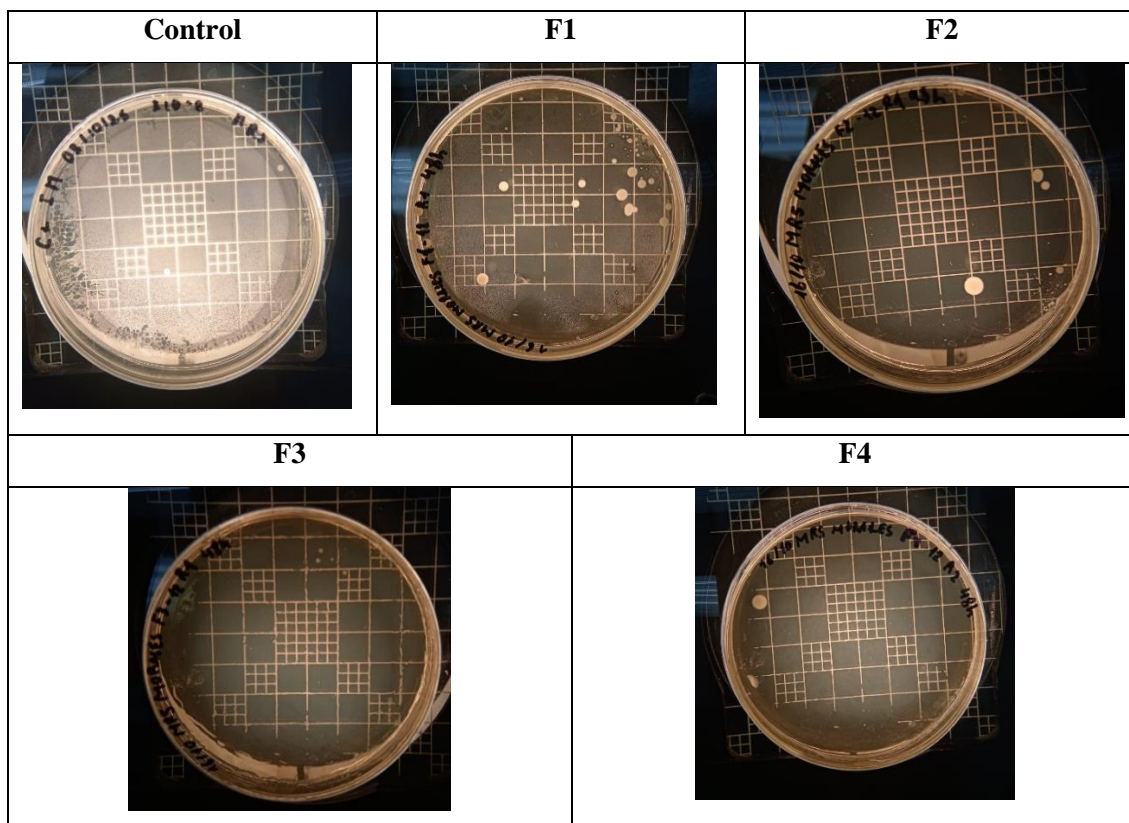
Anexo 5. Cultivos de *E. Coli* tiempo 0.



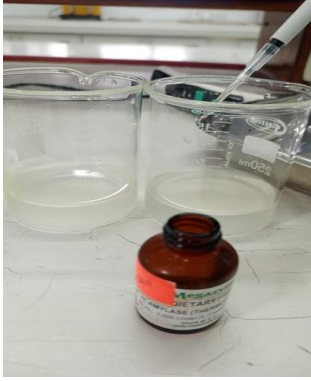


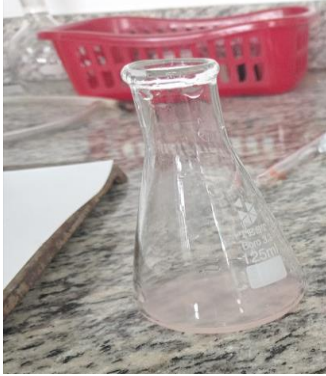


Anexo 6. Cultivos de *E. Coli* tiempo 48h.



Anexo 7. Cultivos de *Lactobacillus* tiempo 0.



Anexo 8. Cultivos de *Lactobacillus* tiempo 48h.

Fibra	Cenizas	pH
		
Acidez Titulable	°Brix	Grasa
		

**Anexo 9.** Análisis proximal de la bebida.



**Anexo 10.** Catación de la bebida.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA  
EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA



CARRERA DE ALIMENTOS

**TEMA :** “EFECTO PREBIÓTICO DE UNA BEBIDA TIPO HORCHATA MEXICANA SUPLEMENTADA CON EL HONGO MELENA DE LEÓN (*Hericium erinaceus* (Bull.) Pers.)”

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** En esta evaluación sensorial se analizarán los perfiles de **sabor, apariencia y textura**. Se empleará una **escala de 5 puntos**, donde el valor **1 indica menor presencia** y el **5 mayor intensidad** del atributo evaluado. Los parámetros de cada perfil se describen en las tablas que se presentan a continuación.

**Tabla 1.** Perfil de apariencia, escala de 5 puntos donde “1” es la ausencia del atributo y “5” presencia en abundancia del atributo

<b>Apariencia</b>	1	2	3	4	5
Brillo					
Color característico					
Fluidez					
Separación de fases					

**Tabla 2.** Perfil de sabor, escala de 5 puntos donde “1” es la ausencia del atributo y “5” presencia en abundancia del atributo

<b>Sabor</b>	1	2	3	4	5
Dulzor					
Terroso					
Característico a cereal					
Lácteo					

**Tabla 3.** Perfil de textura, escala de 5 puntos donde “1” es la ausencia del atributo y “5” presencia en abundancia del atributo

<b>Textura</b>	1	2	3	4	5
Granuloso					
Cremoso					
Graso en boca					
Firmeza					

**Tabla 4.** Aceptabilidad, marque con (X) el nivel de agrado, considerando que “5” es la mayor puntuación y “1” la menor

<b>Aceptabilidad</b>	Nivel
1. Me disgusta mucho	
2. Me disgusta	
3. Ni me gusta ni me disgusta	
4. Me gusta	
5. Me gusta mucho	

Observaciones:

**Anexo 11.** Hoja de evaluación sensorial.

## Perfil Apariencia

Catador	Brillo	Color característico	Fluidez	Separación de fases
1	4	4	3	1
2	4	4	3	3
3	5	5	4	2
4	5	5	5	1
5	5	5	5	1
6	4	5	3	1
7	4	3	3	1
8	4	4	5	1
9	3	4	4	2
10	3	4	4	3
11	3	3	3	1
12	4	5	4	1
13	4	4	2	3
14	4	4	4	3
15	5	5	4	1
16	4	4	4	2
17	4	4	4	1
18	3	4	3	1
19	3	2	3	1
20	3	3	4	1
21	3	4	2	1
22	3	4	3	1
23	3	4	4	3
24	3	4	4	2
25	5	4	5	2
26	3	4	4	1
27	4	4	4	1
28	4	4	3	1
29	4	4	2	1
30	4	5	4	1

Atributo	1	2	3	4	5	Total	Promedio	% ( $\geq 4$ )
----------	---	---	---	---	---	-------	----------	----------------

Brillo	0	0	11	14	5	30	3,8	0,633333
Color característico	0	1	3	19	7	30	4,066667	0,866667
Fluidez	0	3	9	14	4	30	3,633333	0,6
Separación de fases	20	5	5	0	0	30	1,5	0

**Anexo 12.** Tabulación de la apariencia de la bebida.

### Perfil Sabor

Catador	Dulzor	Terroso	Característico a cereal	Lácteo
1	2	3	5	1
2	1	2	3	3
3	2	3	4	4
4	2	2	4	4
5	3	1	4	2
6	2	4	5	3
7	2	1	4	4
8	2	3	3	4
9	3	2	3	4
10	2	3	2	3
11	3	2	4	3
12	2	4	4	3
13	3	1	2	4
14	2	1	2	2
15	1	2	4	1
16	1	3	4	4
17	2	1	4	3
18	1	4	4	4
19	1	2	4	3
20	2	1	4	1
21	2	1	3	3
22	4	2	3	3
23	2	4	5	3

24	2	1	4	2
25	2	3	3	2
26	2	3	4	2
27	1	4	4	5
28	2	4	5	5
29	2	2	4	3
30	1	3	3	4

Atributo	1	2	3	4	5	Total	Promedio	% (≥4)
Dulzor	7	18	4	1	0	30	1,966667	0,033333
Terroso	8	8	8	6	0	30	2,4	0,2
Característico a cereal	0	3	7	16	4	30	3,7	0,666667
Lácteo	3	5	11	9	2	30	3,066667	0,366667

**Anexo 13.** Tabulación del sabor de la bebida.

### Perfil textura

Catador	Granuloso	Cremoso	Graso en boca	Firmeza
1	3	4	2	4
2	1	4	1	3
3	1	5	1	5
4	2	5	1	5
5	3	4	1	4
6	3	4	2	3
7	1	5	2	3
8	3	4	3	3
9	3	2	1	3
10	4	3	2	2
11	1	5	1	2
12	2	3	1	3
13	2	3	1	3
14	1	4	1	3

15	1	5	3	4
16	1	3	2	2
17	1	3	2	3
18	1	4	4	3
19	2	3	1	4
20	2	3	3	4
21	3	4	2	4
22	1	4	2	4
23	2	3	1	4
24	1	3	2	3
25	1	3	1	4
26	3	4	3	2
27	2	3	3	3
28	4	3	3	4
29	3	3	2	4
30	2	4	1	2

Atributo	1	2	3	4	5	Total	Promedio	% ( $\geq 4$ )
Granuloso	12	8	8	2	0	30	2	0,066667
Creimoso	0	1	13	11	5	30	3,666667	0,533333
Graso en boca	13	10	6	1	0	30	1,833333	0,033333
Firmeza	0	5	12	11	2	30	3,333333	0,433333

**Anexo 14.** Tabulación de la textura de la bebida.

### Aceptabilidad

Catador	Aceptabilidad
---------	---------------

1	4
2	4
3	4
4	4
5	3
6	4
7	4
8	4
9	4
10	4
11	4
12	4
13	4
14	4
15	5
16	4
17	4
18	4
19	4
20	4
21	4
22	4
23	4
24	5
25	4
26	4
27	5
28	4
29	4
30	4

<b>Atributo</b>	<b>1 Me disgus ta mucho</b>	<b>2 Me disgus ta</b>	<b>3 Ni me gusta, ni me</b>	<b>4 Me gusta</b>	<b>5 Me gusta much o</b>	<b>Total</b>	<b>Promed io</b>	<b>% (≥4)</b>
-----------------	-----------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------	--------------	----------------------	---------------

			<b>disgus ta</b>					
Aceptabili dad	0	0	1	26	3	30	4,06666 7	0,9666 67

**Anexo 15.** Tabulación de la aceptabilidad de la bebida.

**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

<b>Certificado No: 25-117-A</b>		B01-7.8.03				
Solicitud N°: 25-117		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción:	29 de octubre de 2025	Fecha de ejecución de ensayos: 29 de octubre al 05 de noviembre de 2025				
<b>Información del cliente:</b>						
Empresa:		C.I./RUC: 1850210145				
Representante:	Isabel Morales	Tlf: 0983705319				
Dirección:		Email: smorales0145@uta.edu.ec				
Ciudad:	Ambato					
<b>Descripción de las muestras:</b>						
Producto:	Bebida prebiótica	Peso: 1 Litro				
Marca comercial:	n/a	Tipo de envase: envase de vidrio				
Lote:	n/a	No de muestras: una				
F. Elb.:	n/a	F. Exp.: n/a				
Conservación:	Ambiente: Refrigeración: X Congelación:	Almac. en Lab: 15 días				
Cierres seguridad:	Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 26 de octubre de 2025				
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Bebida prebiótica	11725296	Ninguno	Proteína total, Kjeldhal	AOAC 991.2, Ed. 22, 2023	% ( N x 6,25)	1,48
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	0,742
			Fibra dietética total, Gravimetría	AOAC 993.21 Ed. 22, 2023	%	2,59
Conds. Ambientales: 21.2°C; 57,9%HR						
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si						
Fecha de emisión del certificado: 07 de noviembre de 2025						

*Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados obtenidos, en base a la muestra entregada por el cliente.  
El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento sugierible. Sólo se permite su reproducción si fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.*

*"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser revelada. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminar inmediatamente, la distribución o copia del mismo es prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente."*

**Anexo 16.** Análisis de proteína total, grasa y fibra dietética de la bebida.