



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA
CARRERA ALIMENTOS**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERA EN ALIMENTOS**

TEMA

**“DESARROLLO Y CARACTERIZACION DE UNA BEBIBA FERMENTADA A BASE
DE QUINUA Y AVENA”**

AUTORAS

**DANA MAYELY DE LA CRUZ DELGADO
SOLANGE JAMILETH URETA PIN**

TUTOR

ING. RAMON ZAMBRANO MORAN, MSC

MANABÍ – ECUADOR

2026



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE QUINUA Y AVENA"

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería,
Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, como requisito previo
para la obtención del título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Aprobado por el tribunal examinador

DECANO DE FACULTAD

DIRECTOR

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

APROBACION DEL TUTOR

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado el Trabajo de Integración Curricular elaborado por las estudiantes **Dana Mayel De la Cruz Delgado** y **Solange Jamileth Ureta Pin**, legalmente matriculadas en la Carrera de Ingeniería en Alimentos, correspondiente al período académico **2026-1**, cuyo tema es:

"DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE QUINUA Y AVENA"

La presente investigación fue desarrollada de conformidad con los requisitos establecidos en el Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí y con los lineamientos institucionales para la modalidad de Trabajo de Integración Curricular. En consecuencia, reúne los requisitos académicos, científicos y metodológicos necesarios para ser sometida a la evaluación del Tribunal de Titulación designado por la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

Manta, julio de 2026.



Ing. Ramón Zambrano Morán, M.Sc.

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE TESIS

De la Cruz Delgado Dana Mayely y Ureta Pin Solange Jamileth, estudiantes de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Alimentos, libre y voluntariamente declaramos que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **"Desarrollo y Caracterización de una bebida fermentada a base de quinua y avena"** Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Zambrano Moran Ramón y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



De la Cruz Delgado Dana Mayely
C.I. 1351030836



Ureta Pin Solange Jamileth
C.I. 1351635014



Ing. Zambrano Moran Ramon,
M.Sc.
C.I. 1310428501

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a Dios por ser nuestro guía durante este proceso, por brindarnos entendimiento y perseverancia para superar cada desafío, permitiéndonos alcanzar esta importante meta.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por brindarnos la formación académica y espacios para el desarrollo de esta investigación.

De manera especial, agradecemos a nuestro tutor, Ing. Ramón Zambrano, por su guía, dedicación, paciencia y valiosos conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y culminación exitosa de esta tesis.

Así mismo, expresamos nuestro agradecimiento al Ing. César López, Ing. Marlon Castro e Ing. Fernando Veloz, por su disposición, apoyo y colaboración a lo largo de este proceso.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias por su amor, apoyo incondicional y constante motivación, que nos impulsaron a culminar con éxito esta importante etapa de nuestra formación profesional.

Dana Mayely De la Cruz Delgado y Solange Jamileth Ureta Pin

DEDICATORIA

Con el corazón lleno de gratitud, dedico este triunfo a mi mamá, Liliana Delgado y a mi papá Kenny De la Cruz, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Todo lo que hoy soy y este logro que hoy alcanzo llevan el reflejo de su amor, sus enseñanzas y los esfuerzos que realizaron para brindarme la oportunidad de cumplir este sueño.

A mi fiel compañero de cuatro patas, Teddy, aunque no pueda expresar sus sentimientos con palabras, su compañía hizo más llevaderos los días de estudio y las largas noches de trabajo.

A mis hermanos, Alejandra De la Cruz y Dr. Alejandro De la Cruz, por formar parte de mi camino, brindarme su cariño y recordarme siempre la importancia de seguir adelante.

A mi querida mami Berty, quien hoy descansa en el cielo. Aunque la vida no me permitió compartir este momento con ella, su recuerdo permanece vivo en mí. Este logro también lleva su nombre.

A mi abuelo Esio De la Cruz, y a mi tío, Luis De la Cruz, por su apoyo constante, confianza y por tenderme la mano cuando más lo necesité. Su respaldo fue una parte importante para que este sueño pudiera hacerse realidad.

A mis sobrinos, Nehemias y Emilia, con el deseo de que este logro les inspire a perseguir sus propios sueños con disciplina y perseverancia, convencidos de que todo objetivo es posible cuando se trabaja con dedicación.

Finalmente dedico esta meta a Angelo Intriago, quien llegó a mi vida en una etapa decisiva de este camino. Gracias por creer en mí, motivarme a no rendirme y recordarme, incluso en los momentos más difíciles, que estaba cada vez más cerca de alcanzar este sueño.

A todos ustedes les dedico este logro, porque forman parte de la historia que hoy culmina con uno de los mayores anhelos de mi vida: convertirme en Ingeniera. Este triunfo también les pertenece.

Dana Mayely De la Cruz Delgado

En primer lugar, dedico este logro a Dios, por ser mi guía en cada paso de este camino, por bendecirme con salud, sabiduría y fortaleza para afrontar cada desafío que se presentó. Gracias por sostener mi fe incluso en los momentos más difíciles, por escuchar cada una de mis oraciones y por permitirme alcanzar este sueño que hoy se convierte en realidad.

A mis padres, Johana Pin Franco y Favio Ureta Patrón, pilares indiscutibles en mi vida, ejemplo eterno de amor, fortaleza y entrega. Gracias por ser quienes me inculcaron que la verdadera riqueza no se encuentra en lo material, sino en los valores, el conocimiento y el esfuerzo constante por ser mejor cada día. Le agradezco profundamente por haberme brindado las herramientas más valiosas para enfrentar la vida: la fe, la honestidad, la humildad, el respeto y la perseverancia, que hoy son la base de la mujer que soy.

Este logro les pertenece también a ustedes, porque han sido mi mayor apoyo, mi refugio y mi inspiración. Gracias por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba de mis capacidades, por impulsarme a seguir adelante y recordarme que nunca debía rendirme. Su amor incondicional, sus sacrificios y cada esfuerzo realizado para verme cumplir mis metas han hecho posible este momento. Este es solo el comienzo de un nuevo capítulo de mi vida y sé que, con su amor incondicional, y su apoyo, seguiré alcanzando grandes metas.

A mis hermanos, Cristhian Ureta Pin y Genesis Ureta Pin, gracias por cada palabra de aliento, por su amor sincero y por estar presente en los momentos más importantes, brindándome la fuerza y la motivación para seguir adelante.

A mi abuelita, Flor Franco que es para mí como mi segunda madre, gracias por enseñarme que Dios siempre guía nuestros pasos y cumple sus propósitos en nuestras vidas. Su fe y sus enseñanzas han sido un pilar fundamental para mí.

A Erick Valencia, por ser parte de esta historia, por su amor, su compañía constante y compartir conmigo la alegría de alcanzar esta meta. También a mi compañera de tesis, por compartir conmigo este gran reto, por su dedicación, compromiso, perseverancia y por el aprendizaje que nos dejó este camino recorrido juntas. Este logro lleva consigo la huella de quienes han sido parte de mi camino y de mi historia.

Solange Jamileth Ureta Pin

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.4. HIPÓTESIS.....	6
1.5. OBJETIVOS	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	6
2. METODOLOGÍA.....	7
2.1. Ubicación de la investigación	7
2.2. Enfoque de la investigación	7
2.3. Tipo de investigación	7
2.4. Diseño de la investigación.....	8
2.4.1. Variables.....	9
2.4.2. Población	9
2.4.3. Muestra	10
2.4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
2.5. Métodos de análisis	11
2.5.1. Evaluación sensorial	11
2.5.3. Determinaciones fisicoquímicas.....	12
2.6. Equipos e instrumentos utilizados.....	12
2.6.2. Evaluación fisicoquímica	13

2.7. Procedimiento experimental.....	14
2.7.1. Preparación de la quinua.....	14
2.7.2. Preparación de la avena	14
2.7.3. Formulación de los tratamientos.....	15
2.7.4. Inoculación y fermentación	15
2.7.5. Envasado y almacenamiento	16
2.7.6. Evaluación de las muestras.....	16
2.8. Análisis estadístico	16
3.1.1. Acidez titulable durante el almacenamiento.....	16
3.1.2. Potencial de hidrógeno (pH).....	18
3.1.3. Sólidos solubles (°Brix).....	19
3.1.4. Viscosidad	21
3.1.5. Viscosidad a diferentes velocidades de rotación	22
3.2. Evaluación sensorial de la bebida fermentada	23
3.2.1. Aceptación general	23
3.2.2. Apariencia.....	23
3.2.3. Aroma	24
3.2.4. Color	25
3.2.5. Sabor.....	26
4. DISCUSIÓN	26
5. CONCLUSIONES.....	31
6. RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	1

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de los tratamientos del diseño experimental	8
Tabla 2. Variables de la investigación	9
Tabla 3. Niveles de los factores evaluados en el diseño experimental; Error! Marcador no definido.	
Tabla 4. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial.....	11
Tabla 5. Métodos utilizados para las determinaciones fisicoquímicas	12
Tabla 6. Equipos e instrumentos utilizados durante la investigación	12

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acidez titulable de cada tratamiento durante el período de almacenamiento.	18
Figura 2. Comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) de cada tratamiento durante el período de almacenamiento.....	19
Figura 3. Comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) de cada tratamiento durante el período de almacenamiento.....	20
Figura 4. Resultados de viscosidad durante el período de almacenamiento entre tratamientos. .	21
Figura 5. Curvas de viscosidad de los tratamientos T1 y T2 en función de la velocidad de rotación.	22
Figura 6. Aceptación general de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.....	23
Figura 7. Apariencia de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.	24
Figura 8. Aroma de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.....	25
Figura 9. Color de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.....	25
Figura 10. Sabor de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.	26

RESUMEN

La investigación tuvo como fin la elaboración y evaluación de una bebida fermentada a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y avena (*Avena sativa* L.) mediante dos bacterias probióticas, *Lactiplantibacillus plantarum* y *Lacticaseibacillus casei*, con el objetivo de determinar el efecto de los microorganismos y las diferentes proporciones de quinua y avena en las propiedades físico-químicas y aceptación sensorial del producto. La investigación se realizó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3 , conformado por seis tratamientos (T1, A1B2, A1B3, T4, A2B2 y A2B3) y tres repeticiones por tratamiento. Durante doce días de almacenamiento en refrigeración se realizó el análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix), viscosidad, comportamiento reológico mediante viscosímetro Brookfield, evaluación microbiológica y evaluación sensorial de color, apariencia, aroma, sabor y aceptación general. Los resultados mostraron que las formulaciones fermentadas con *Lacticaseibacillus casei* tuvieron mayor producción de acidez y una disminución más rápida del pH, sobresaliendo el tratamiento A2B3 (25 % quinua y 75 % avena), que alcanzó mayor acidez (1,877 %) y obtuvo las mejores calificaciones en aroma, sabor y aceptación general. Por otro lado, el tratamiento T1 (50 % de quinua y 50 % de avena con *Lactiplantibacillus plantarum*) presentó los valores más altos de sólidos solubles al finalizar el almacenamiento, mientras que A1B2 tuvo la mayor viscosidad final. En conclusión, la combinación de *Lacticaseibacillus casei* con una mayor proporción de avena permitió obtener una bebida fermentada con mejores características fisicoquímicas y una mayor aceptación por parte de los evaluadores, lo cual demuestra que la quinua y la avena son materias primas con potencial para el desarrollo de bebidas fermentadas de origen vegetal.

Palabras clave: bebida fermentada, quinua, avena, bacterias ácido-lácticas, evaluación fisicoquímica.

ABSTRACT

The purpose of the research was to develop and evaluate a fermented beverage from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and oats (*Avena sativa* L.) using two probiotic bacteria, *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lacticaseibacillus casei*, with the aim of determining the effect of microorganisms and the different proportions of quinoa and oats on the physical-chemical properties and sensory acceptance of the product. The research was carried out with a completely randomized design with factorial arrangement 2×3 , consisting of six treatments (T1, A1B2, A1B3, T4, A2B2 and A2B3) and three replications per treatment. During twelve days of refrigeration storage, analysis of pH, titratable acidity, soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$), viscosity, rheological behavior was carried out using Brookfield viscometer, microbiological evaluation and sensory evaluation of color, appearance, aroma, flavor and general acceptance. The results showed that the formulations fermented with *Lacticaseibacillus casei* had greater acidity production and a faster decrease in pH, highlighting the A2B3 treatment (25% quinoa and 75% oats), which reached higher acidity (1,877%) and obtained the best scores in aroma, flavor and general acceptance. On the other hand, the T1 treatment (50% quinoa and 50% oats with *Lactiplantibacillus plantarum*) presented the highest values of soluble solids at the end of storage, while A1B2 had the highest final viscosity. In conclusion, the combination of *Lacticaseibacillus casei* with a higher proportion of oats allowed to obtain a fermented beverage with better physicochemical characteristics and greater acceptance by the evaluators, which shows that quinoa and oats are raw materials with potential for the development of fermented beverages of vegetable origin.

Keywords: fermented drink, quinoa, oats, lactic acid bacteria, physicochemical evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha incrementado el interés por los alimentos funcionales, principalmente debido a la necesidad de mejorar la calidad de la alimentación y reducir el consumo de productos con bajo aporte nutricional (Deziderio et al., 2023). De estos alimentos, las bebidas vegetales han logrado posicionarse como una alternativa para los consumidores que buscan opciones más saludables, naturales y adaptadas a las diferentes necesidades alimentarias (Abbaspour et al., 2024). Este grupo lo constituyen principalmente bebidas vegetales fermentadas que unen ingredientes de interés nutricional con procesos biotecnológicos capaces de mejorar la digestibilidad, el perfil sensorial y las propiedades funcionales del producto final (Hidalgo-Fuentes et al., 2024).

En los últimos años se han publicado varios estudios sobre la elaboración de bebidas fermentadas a partir de materias primas vegetales, pero difieren en las materias primas, las condiciones del procesamiento y los microorganismos que se utilizan durante la fermentación (Hidalgo-Fuentes et al., 2024; Abbaspour et al., 2024; Deziderio et al., 2023). Por lo tanto, además de desarrollar nuevas alternativas de origen vegetal, es necesario garantizar que estos productos tengan una adecuada composición nutricional, sean inocuos y que sus características sensoriales sean del agrado del consumidor (Mefleh et al., 2024). En este sentido, las bebidas fermentadas a partir de cereales y pseudo cereales se muestran como una opción de interés, debido a su contenido en compuestos bioactivos y microorganismos beneficiosos, los cuales pueden incrementar su valor nutricional y funcional (Hidalgo-Fuentes et al., 2024).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal naturalmente libre de gluten y rico en proteínas de alto valor biológico, fibra, minerales y compuestos antioxidantes, lo que la convierte en una materia prima adecuada para la elaboración de alimentos para personas con restricciones alimentarias (Campos et al., 2022). Por otro lado, la avena (*Avena sativa* L.) contiene β -glucanos y otros compuestos bioactivos que se han relacionado con beneficios cardiovasculares y en el metabolismo de la glucosa, además de ayudar a mejorar la textura, la estabilidad y la sensación en boca de las bebidas vegetales (Dan et al., 2024; Maldonado et al., 2018). La combinación de estos ingredientes permite obtener formulaciones con mejor perfil nutricional y con mejores propiedades tecnológicas. However, there is still little information on the

technological and microbiological behavior of fermented beverages prepared with quinoa and oats (Abbaspour et al., 2024; Abdelshafy et al., 2024).

La combinación de quinua y avena es interesante porque reúne las principales ventajas de los dos ingredientes. La quinua contiene minerales y proteínas de gran calidad, mientras que la avena aporta textura, fibra y compuestos funcionales. Sin embargo, para que el producto tenga posibilidades de aplicación comercial, se debe evaluar tanto la formulación como el efecto de la fermentación sobre la estabilidad, la inocuidad y la calidad final de la bebida (Barco, 2017). La fermentación también es una herramienta tecnológica que puede mejorar el sabor y reducir ciertos compuestos antinutricionales y aumentar la disponibilidad de nutrientes (Abdelshafy et al., 2024).

En 2021, Canaviri preparó una bebida probiótica fermentada con quinua utilizando bacterias probióticas del ácido láctico, evaluando parámetros fisicoquímicos, capacidad antioxidante, estabilidad y su posible impacto sobre la microbiota intestinal. Los resultados indicaron una adecuada supervivencia de los microorganismos probióticos, mejoras en algunas características nutricionales y la elaboración de una bebida con potencial funcional; sin embargo, la investigación se restringió al uso exclusivo de quinua. De forma similar, Castillo y coinvestigadores (2023) elaboraron una bebida fermentada de quinua mediante una hidrólisis enzimática previa a la fermentación con bacterias probióticas del ácido láctico. Se determinó el pH, la acidez, el contenido de azúcares, la composición química y la viabilidad microbiana, observándose que la hidrólisis favoreció el crecimiento de los cultivos y mejoró las características fermentativas, aunque se señalaron aún los desafíos relacionados con la estabilidad sensorial y la aceptación del consumidor.

Por otro lado, Hurtado-Murillo et al. (2024a) estudiaron bebidas elaboradas con harinas de quinua y garbanzo y encontraron que la fermentación aumenta la digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos y la disminución de compuestos antinutricionales. Otro estudio llevado a cabo por Hurtado-Murillo et al. (2024b), encontró que el perfil nutricional de estas bebidas fue favorable, presentando estabilidad microbiológica, pero la aceptación sensorial estuvo influenciada por la proporción de los ingredientes empleados. En otro estudio, Fabiano et al. (2025) elaboraron una bebida fermentada a partir de avena e inulina mediante el uso de *Lactobacillus rhamnosus*. Los autores observaron que los

microorganismos sobrevivieron en alto grado durante la digestión simulada, lo que confirma que este cereal tiene potencial funcional. También Mefleh et al. (2024) elaboraron bebidas a partir de garbanzo y trigo Kamut®, observando mejoras en el aroma, capacidad antioxidante y aceptación sensorial posterior a la fermentación.

Por último, Hidalgo-Fuentes et al. (2024) señalaron que, según una revisión científica, la fermentación favorece la biodisponibilidad de nutrientes, la formación de compuestos bioactivos y la estabilidad microbiológica de las bebidas vegetales. Sin embargo, también apuntaron que todavía existen limitaciones en cuanto a la estandarización de los procesos, el almacenamiento y la aceptación sensorial. Estos antecedentes en conjunto, hacen ver que, si bien la fermentación aporta importantes beneficios a este tipo de bebidas, aún existe poca información sobre formulaciones que combinen quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y avena (*Avena sativa* L.), considerando de manera integrada sus características físico químicas, microbiológicas, funcionales y sensoriales.

Por ello el presente trabajo tiene como finalidad desarrollar una bebida fermentada a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y avena (*Avena sativa* L.), mediante el proceso de formulación y fermentación.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, un amplio sector de la población incluye en su dieta alimentos que son bebidas con alto contenido de azúcar. El que se consume con frecuencia ha causado preocupación, ya que está relacionado con el aumento de enfermedades. Ante esta situación, la OMS recomienda que la ingesta de azúcares libres no supere el 10 % del aporte energético diario y que, si se puede, se disminuya por debajo del 5 % ya que esto tiene beneficios adicionales para la salud (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023). También en un estudio publicado en Nature Medicine se demostró la magnitud de este problema, ya que se estimó que el consumo de bebidas azucaradas estuvo asociado con cerca de 2,2 millones de nuevos casos de diabetes mellitus tipo 2 y alrededor de 1,2 millones de nuevos eventos cardiovasculares en distintos países durante el año 2020 (Alianza, 2025).

Al mismo tiempo, el mercado de bebidas vegetales ha crecido de forma constante, impulsado por los cambios en las preferencias de los consumidores. El interés por una

alimentación más saludable, el incremento de la intolerancia a la lactosa y la adopción de dietas vegetarianas y veganas han sido factores que han favorecido el crecimiento de este sector (Deziderio, Et al., 2023). Las estimaciones disponibles muestran que el valor de este mercado fue de unos 22,4 mil millones de dólares durante 2024, y podría superar los 46 mil millones de dólares en 2032, manteniendo una tasa de crecimiento anual cercana al 9,6 %. Estos valores reflejan la creciente necesidad de elaborar bebidas con mejores propiedades nutricionales y funcionales que satisfagan las exigencias actuales de los consumidores (Hidalgo-Fuentes et al., 2024).

Las bebidas funcionales a base vegetal cobran cada vez mayor peso en el campo de la ciencia y tecnología de alimentos. Se diseñó su formulación para satisfacer la demanda de personas intolerantes a la lactosa, alérgicas a las proteínas de origen animal, que siguen dietas vegetarianas o veganas, y de consumidores que buscan productos con un perfil nutricional más favorable (Fabiano et al., 2025). Aun con el progreso logrado en esta materia, todavía existen limitaciones en muchas bebidas formuladas a base de soya, almendra, arroz, avena y otros cereales, respecto del contenido de proteína, estabilidad durante el almacenamiento, sabor, textura y nivel de aceptación por el consumidor (Jiménez y Ordóñez, 2021).

También se ha dado un importante crecimiento en los últimos años en el desarrollo de bebidas fermentadas de origen vegetal, aunque todavía hay aspectos que requieren más investigación. Uno de los retos más importantes de este tipo de formulaciones es lograr un equilibrio adecuado entre el valor nutricional, la estabilidad del producto y la aceptación sensorial. En diferentes estudios se ha podido observar que algunas bebidas presentan sabores muy marcados, sedimentación o texturas poco uniformes, características que pueden afectar la preferencia del consumidor. A esto se une que se tiene poca información sobre bebidas fermentadas a partir de la combinación de quinoa y avena con bacterias ácido-lácticas, especialmente en relación al efecto que tienen diferentes proporciones de ambos cereales sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales durante el almacenamiento.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La fermentación mejora la calidad de las bebidas vegetales, ya que en este proceso las bacterias probióticas hacen que el pH descienda, lo que ayuda a que el producto se conserve mejor y cambia para bien la textura, el olor y el sabor. De igual forma, pueden aumentar sus

propiedades nutricionales y funcionales, lo que hace que su aplicación en el desarrollo de alimentos de origen vegetal sea de mayor interés (Ogrodowczyk et al., 2021). Se resaltan *Lactiplantibacillus plantarum*, por su capacidad de adaptarse a diversas matrices vegetales y mejorar la estabilidad microbiológica (Mayo y Flórez, 2021), y *Lacticaseibacillus casei*, por su resistencia durante el procesamiento y su contribución a la acidificación y conservación de los alimentos fermentados (Barco Coro, 2017; Lorenzo et al., 2021), como algunas de las especies más utilizadas.

A pesar del gran crecimiento que ha experimentado el mercado de bebidas vegetales, todavía hay vacíos científicos respecto al desarrollo de productos con alto valor nutricional, estabilidad microbiológica, buena aceptación sensorial y propiedades funcionales. La mayoría de los estudios se han centrado en bebidas elaboradas a partir de una materia prima única, como la quinoa, la avena o la soya. Por el contrario, son pocos los estudios que analizan mezclas fermentadas de quinoa y avena considerando de forma conjunta sus características físico químicas, microbiológicas y nutricionales, lo que evidencia la necesidad de ampliar el conocimiento disponible sobre este tipo de formulaciones.

Este tema es de especial interés para Ecuador ya que existe la materia prima (quinoa), donde hay un interés creciente por alimentos saludables de origen vegetal y el consumo de bebidas azucaradas es muy alto. Muchos trabajos han estudiado el valor nutricional de estos productos y han investigado la incorporación de bacterias probióticas, pero todavía faltan estudios que combinen simultáneamente los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales. Esta situación limita el desarrollo de nuevas alternativas alimentarias y pone de relieve la necesidad de generar información sobre bebidas fermentadas elaboradas con quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y avena (*Avena sativa* L.) aprovechando las propiedades de ambos ingredientes.

La inocuidad es una condición esencial para la elaboración de alimentos fermentados, por lo tanto, el cumplimiento de normas y procedimientos que garanticen su calidad microbiológica resulta indispensable. Al respecto, la Codex Alimentarius Commission (2023) establece los principios generales de higiene a ser cumplidos durante la producción de alimentos y el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 1986) detalla el procedimiento para la determinación del

pH, que permite evaluar la estabilidad de las bebidas fermentadas y verificar si el proceso se desarrolló correctamente.

El progreso tecnológico de una bebida fermentada no se basa solamente en la elección de materias primas con elevado valor nutricional. De igual manera, necesita un adecuado control del proceso fermentativo mediante el monitoreo de variables como pH, acidez, sólidos solubles y calidad microbiológica, ya que estos parámetros tienen una influencia directa en la estabilidad, inocuidad y aceptación del producto por parte del consumidor.

Desde el punto de vista científico, esta investigación aportará información sobre el comportamiento que presenta una bebida fermentada elaborada con quinua y avena, mediante la evaluación de sus características físico químicas. De igual manera, contribuirá al aprovechamiento de materias primas disponibles en la región andina y generará información de referencia para investigaciones futuras orientadas al desarrollo de nuevas bebidas funcionales con mayor valor agregado.

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿De qué manera la combinación de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd?) y avena (*Avena sativa* L.), mediante un proceso de fermentación, influye en sus características fisicoquímicas y sensoriales?

1.4. HIPÓTESIS

El uso de quinua y avena para la elaboración de una bebida fermentada posee características fisicoquímicas y funcionales adecuadas para el consumo.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Desarrollar una bebida fermentada a base de quinua (*Chenopodium quinoa*) y avena (*Avena sativa*), mediante un proceso de formulación y fermentación

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar la formulación de una bebida fermentada utilizando quinua (*Chenopodium quinoa*) y avena (*Avena sativa*).

- Determinar la composición nutricional y las propiedades fisicoquímicas de la bebida fermentada elaborada.

2. METODOLOGÍA

2.1. Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en los laboratorios del Bloque B15 de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM) de la ciudad de Manta, provincia de Manabí, Ecuador. En dichas dependencias se realizaron las actividades referidas a la elaboración de la bebida fermentada y a las determinaciones fisicoquímicas y evaluación sensorial previstas en el diseño experimental.

Los análisis se efectuaron con los equipos e instrumentos de los que disponen los laboratorios de Ingeniería en Alimentos, los cuales permitieron controlar las condiciones experimentales y garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos en el transcurso de la investigación.

2.2. Enfoque de la investigación

Se empleó un enfoque cuantitativo en la investigación, ya que las variables de estudio se midieron a través de mediciones objetivas obtenidas a partir de los análisis de laboratorio. La información obtenida fue de tipo numérica, relacionada con las propiedades físico químicas y sensoriales de la bebida fermentada y posteriormente se procesaron mediante técnicas estadísticas para determinar las diferencias existentes entre los tratamientos.

El presente trabajo permitió analizar el efecto del tipo de cultivo y de las diferentes proporciones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y avena (*Avena sativa* L.) sobre las características de la bebida elaborada.

2.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada y experimental. Se consideró aplicada porque estuvo dirigida a la elaboración de una bebida fermentada de origen vegetal, con el fin de obtener un producto con potencial de uso en el ámbito alimentario a partir de la quinua y la avena, materias primas reconocidas por su aporte nutricional, junto con el empleo de cultivos iniciadores durante la fermentación.

Por otra parte, fue una investigación experimental ya que se modificaron intencionalmente dos factores: el tipo de bacteria ácido-láctica y la proporción de quinua y avena.

2.4. Diseño de la investigación

Para el desarrollo del estudio se utilizó un diseño completamente aleatorio con arreglo factorial 2 x 3. El primer factor fue el tipo de cultivo iniciador utilizado durante la fermentación y el segundo factor fue la proporción de quinua y avena empleada para la formulación de la bebida.

El Factor A se encontró en dos niveles, que fueron bacterias probióticas del ácido láctico, *Lactiplantibacillus plantarum* y *Lacticaseibacillus casei*. Se adicionó sacarosa como fuente de carbono para *Lactiplantibacillus plantarum* y glucosa para *Lacticaseibacillus casei* en la preparación de los tratamientos, de acuerdo con los requerimientos nutricionales de cada cultivo, para favorecer el crecimiento y actividad metabólica de cada microorganismo.

El Factor B tuvo tres niveles, definidos de acuerdo a la proporción de quinua y avena utilizada para la formulación de la bebida. Estas combinaciones permitieron evaluar la influencia de la composición de la mezcla sobre la calidad del producto (Tabla 1).

Cada combinación de factores constituyó un tratamiento experimental que se elaboró en triplicado, haciendo un total de dieciocho unidades experimentales.

Tabla 1. Distribución de los tratamientos del diseño experimental

Tratamiento	Cultivo iniciador	Proporción quinua:avena
T1	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	50:50
T2	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	75:25
T3	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>	25:75
T4	<i>Lacticaseibacillus casei</i>	50:50
T5	<i>Lacticaseibacillus casei</i>	75:25
T6	<i>Lacticaseibacillus casei</i>	25:75

Nota. Elaborado por autores.

2.4.1. Variables

Se procedió a agrupar las variables de estudio en independientes y dependientes, en función del diseño experimental propuesto. Las variables independientes fueron los factores que se modificaron durante la elaboración de la bebida, y las variables dependientes fueron los parámetros que se analizaron mediante pruebas de laboratorio y evaluaciones sensoriales.

Tabla 2. Variables de la investigación

Tipo de variable	Variable	Descripción
Independiente	Tipo de cultivo iniciador	Bacteria ácido-láctica empleada durante la fermentación de la bebida (<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> y <i>Lacticaseibacillus casei</i>).
Independiente	Proporción quinua:avena	Relación entre los extractos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) y avena (<i>Avena sativa</i> L.) utilizada en cada formulación experimental.
Dependiente	Propiedades fisicoquímicas	pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix), viscosidad.
Dependiente	Evaluación sensorial	Color, olor, sabor, textura y aceptación general de la bebida elaborada.

Nota. Elaborado por autores.

2.4.2. Población

La población estuvo dada por el conjunto de las unidades experimentales elaboradas en el transcurso de la investigación. En total se obtuvieron dieciocho unidades experimentales, correspondientes a la combinación de los dos cultivos iniciadores (*Lactiplantibacillus plantarum* y *Lacticaseibacillus casei*) y las tres proporciones de quinua y avena establecidas en el diseño factorial 2×3, con tres repeticiones por tratamiento.

Cada unidad experimental consistió en un lote de 1000 mL de bebida fermentada, preparado de forma independiente bajo idénticas condiciones de procesamiento y fermentación.

2.4.3. Muestra

Como se redujo el número de unidades experimentales y se pudo evaluar la totalidad de los tratamientos elaborados, no se necesitó realizar un procedimiento de muestreo. Por tal motivo, la muestra estuvo conformada por las dieciocho unidades experimentales que se tuvieron durante el desarrollo de la investigación.

De cada unidad experimental se extrajeron las alícuotas necesarias para realizar las determinaciones fisicoquímicas y sensoriales previstas en el estudio. Las muestras se guardaron en frascos estériles de 200 mL y se mantuvieron en refrigeración hasta el momento del análisis, preservando sus características durante el período de evaluación.

2.4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información se obtuvo observando directamente a las unidades experimentales y utilizando métodos analíticos estandarizados para determinar las características físico-químicas y sensoriales de la bebida fermentada. Para este fin se elaboraron instrumentos de registro que permitieron dar cuenta, de forma sistemática, de cada una de las variables analizadas en el transcurso del desarrollo del estudio.

Para registrar los cambios ocurridos durante el proceso de fermentación y almacenamiento de cada tratamiento se empleó la técnica de observación. También se realizaron análisis de laboratorio para determinar las propiedades fisicoquímicas y del producto, y la aceptación de cada tratamiento fue evaluada mediante una prueba sensorial con escala hedónica de cinco puntos.

2.4.4.1. Ficha de observación

Se elaboró una ficha de observación (**Anexo 1**), en la cual se registraron los resultados correspondientes a las determinaciones de pH, sólidos solubles (°Brix) y acidez titulable durante los días 0, 3, 6, 9 y 12 del estudio. La evaluación de la viscosidad se efectuó al finalizar el período experimental mediante un viscosímetro rotacional, con cuatro velocidades (6, 12, 30 y 60 rpm).

2.4.4.2. Ficha de evaluación sensorial

A cada tratamiento se le determinó su aceptación sensorial mediante una prueba hedónica estructurada de cinco puntos a los evaluadores seleccionados para el estudio. En la evaluación se

estudiaron los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación global de cada una de las muestras. Para evitar sesgos se codificaron previamente las formulaciones y se brindó agua potable entre cada prueba de cata para neutralizar el sabor residual. El instrumento se presenta en el **Anexo 2**.

Tabla 3. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial

Puntuación	Interpretación
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	No me gusta
1	Me disgusta mucho

Nota. Escala utilizada para valorar la aceptación de cada tratamiento durante la evaluación sensorial. Elaboración propia.

2.5. Métodos de análisis

Se realizaron análisis físico-químicos y sensoriales para conocer la calidad de la bebida. Cada determinación se realizó por métodos empleados en el análisis de alimentos. Los análisis se realizaron en laboratorio, en condiciones controladas y con equipos calibrados. Se cumplieron con las indicaciones y especificaciones de los métodos de referencia seleccionados en cada uno de los procedimientos.

2.5.1. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de la bebida fermentada se realizó a través de una prueba hedónica estructurada de cinco puntos, con el fin de determinar el grado de aceptación de los distintos tratamientos. En la evaluación se tuvieron en cuenta los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptación general.

Antes de comenzar la prueba, las muestras fueron identificadas con códigos al azar, para disminuir posibles sesgos en la evaluación. Entre una degustación y otra se usó agua potable para eliminar el sabor residual y poder apreciar mejor cada bebida.

El procedimiento empleado para la evaluación sensorial se desarrolló siguiendo las directrices establecidas por el Codex Alimentarius para este tipo de análisis en alimentos, a fin de

asegurar la aplicación de un método reconocido y adecuado para la valoración de las características sensoriales del producto (Codex Alimentarius Commission, 2023).

2.5.3. Determinaciones fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas fueron determinadas mediante métodos oficiales, donde las variables fueron el potencial de hidrógeno (pH), acidez titulable, sólidos solubles expresados en grados Brix (°Brix) y viscosidad.

Tabla 4. Métodos utilizados para las determinaciones fisicoquímicas

Parámetro	Método de referencia	Técnica
pH	NTE INEN 181:1991	Electrometría
Acidez titulable	AOCS Ca 5a-40	Titulación
Sólidos solubles (°Brix)	AOAC Official Method 932.14c	Refractometría
Viscosidad	Método Brookfield	Viscosimetría rotacional

Nota. Elaboración propia con base en AOAC International (2023), AOCS e INEN.

2.6. Equipos e instrumentos utilizados

Se utilizaron equipos e instrumentos del laboratorio de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, los cuales permitieron realizar las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales. Antes de su utilización, los equipos fueron verificados y calibrados.

Tabla 5. Equipos e instrumentos utilizados durante la investigación

Equipo o instrumento	Uso principal	Determinación realizada
pH-metro digital	Medición del potencial de hidrógeno	pH
Refractómetro digital	Determinación de sólidos solubles	°Brix
Viscosímetro rotacional Brookfield	Determinación de viscosidad	Viscosidad
Balanza analítica	Pesaje de muestras y reactivos	Preparación de muestras

Agitador magnético	Homogeneización de soluciones	Análisis físicoquímicos
Material volumétrico (pipetas, buretas, matraces y probetas)	Preparación de reactivos y mediciones volumétricas	Diversos análisis

Nota. Elaboración propia.

2.6.2. Evaluación fisicoquímica

2.6.2.1. Determinación del potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno fue determinado mediante el método de electrometría establecido en la NTE INEN 181:1991. Antes de cada medición, el pH-metro fue calibrado utilizando soluciones buffer patrón. Posteriormente, el electrodo fue insertado en la muestra homogenizada hasta obtener una lectura específica. Se realizó por duplicado y el resultado fue el promedio de las mediciones (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1986).

2.6.2.2. Determinación de la acidez titulable

Se evaluó mediante el método AOCS Ca 5a-40, el cual consiste en cuantificar los ácidos presentes en la muestra mediante titulación con hidróxido de sodio (NaOH). Para ello, se tomó un volumen previamente homogenizado y se añadió fenolftaleína como indicador. Posteriormente, se realizó la titulación hasta observar un cambio de color, correspondiente al punto de la reacción. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido láctico (Arriola, 2008).

2.6.2.3. Determinación de sólidos solubles (°Brix)

Se realizó mediante el método oficial AOAC Official Method 932.14c, utilizando un refractómetro digital previamente calibrado. Antes de cada lectura, las muestras fueron homogenizadas, y luego se colocó una pequeña cantidad de muestra sobre el prisma del equipo y se registró el valor expresado en grados Brix (°Brix), el cual representa la concentración de sólidos solubles presentes en la bebida (AOAC International, 2023).

2.6.2.4. Determinación de la viscosidad

La viscosidad de la bebida fermentada se determinó al finalizar el período de almacenamiento con un viscosímetro rotacional Brookfield. Las muestras se homogenizaron

previamente y se mantuvieron a temperatura ambiente para asegurar condiciones uniformes durante el análisis.

Las lecturas se efectuaron a 4 velocidades de rotación (6, 12, 30 y 60 rpm) y se anotaron los valores de viscosidad expresados en centipoise (cP). Estos resultados permitieron evaluar el comportamiento reológico de cada tratamiento y determinar el efecto de los tratamientos sobre la consistencia del producto.

2.7. Procedimiento experimental

2.7.1. Preparación de la quinua

Primero se seleccionó la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), eliminando impurezas visibles (**Anexo 3**). Posteriormente, los granos fueron lavados varias veces con agua potable hasta retirar las saponinas de la superficie, las cuales son causantes del sabor amargo en este pseudocereal.

Una vez hecho el lavado, la quinua estuvo en remojo doce horas, luego los granos fueron escurridos para luego ser usados después de un período de 24 h (**Anexo 4**), realizando enjuagues cada ocho horas con el propósito de estimular el proceso de germinación y favorecer la disponibilidad de algunos nutrientes.

La avena (*Avena sativa* L.) fue seleccionada, pesada hasta completar 1000 g (**Anexo 5**) y sometida a dos lavados para eliminar impurezas antes de su procesamiento (**Anexo 6**). Posteriormente, se cocinó utilizando una relación aproximada de una parte de avena por cinco partes de agua durante 10 min, hasta obtener una consistencia adecuada para la extracción de la fracción líquida empleada en la elaboración de la bebida (**Anexo 7**).

2.7.2. Preparación de la avena

Se seleccionó y limpió la avena (*Avena sativa* L.) previamente para eliminar impurezas que pudieran afectar la calidad del producto final. Después, se cocinó con una proporción aproximada de una parte de avena por cinco partes de agua durante 10 a 15 minutos, hasta alcanzar una consistencia adecuada para obtener el extracto vegetal.

Al terminar la cocción, la avena se enfrió hasta temperatura ambiente y luego se licuó con agua potable. Se filtró el extracto obtenido para separar la fracción líquida de los residuos sólidos, logrando una mezcla homogénea (**Anexo 9**). Por último, el extracto se dejó enfriar nuevamente a temperatura ambiente antes de pasar a la siguiente etapa del proceso (**Anexo 10**).

2.7.3. Formulación de los tratamientos

Los extractos de quinua y avena se mezclaron acorde a las proporciones en el diseño experimental (50:50, 75:25 y 25:75). Posteriormente, se incorporó azúcar para mejorar las características de la bebida. A continuación, se pesaron 0,1 g de *Lactiplantibacillus plantarum* (**Anexo 11**) y 0,1 g de *Lacticaseibacillus casei* (**Anexo 12**). Después, se añadió una solución de glucosa al 80 % a las formulaciones inoculadas con *Lactiplantibacillus plantarum* (**Anexo 13**) y una solución de sacarosa al 80 % a las formulaciones con *Lacticaseibacillus casei* (**Anexo 14**). Finalmente, todas las mezclas se homogenizaron hasta obtener la uniformidad de los ingredientes antes de iniciar el proceso de fermentación.

2.7.4. Inoculación y fermentación

Preparada la formulación correspondiente a cada tratamiento, se procedió a inocular las mezclas bajo condiciones asépticas con el cultivo iniciador asignado, de acuerdo al diseño experimental. Para ello se utilizaron bacterias ácido-lácticas del tipo *Lactiplantibacillus plantarum* y *Lacticaseibacillus casei*, manteniendo condiciones de higiene en todo el proceso para evitar contaminaciones externas.

Las muestras se incubaron después a temperatura de 37 a 42 °C durante un lapso de 4 a 8 horas. Una vez cada cierto tiempo se evaluaba el proceso de fermentación midiendo el pH, hasta llegar a un valor cercano a 4,5, que se consideraba el adecuado para dar por terminada la fermentación y garantizar el producto.

Al terminar la fermentación, las bebidas se sacaron del fermentador y se enfriaron inmediatamente a fin de detener la actividad metabólica de los microorganismos y conservar las características alcanzadas durante el proceso.

2.7.5. Envasado y almacenamiento

Finalizada la fermentación, cada tratamiento fue envasado en recipientes de tereftalato de polietileno (PET), previamente lavados y desinfectados (**Anexo 15**). Posteriormente, las muestras se refrigeraron a una temperatura de 4 °C durante 12 días. Durante este período se realizaron las evaluaciones fisicoquímicas en los días 0, 3, 6, 9 y 12. Al finalizar el almacenamiento también se determinó la viscosidad y se efectuaron las evaluaciones establecidas en la ficha de observación (**Anexo 1**).

2.7.6. Evaluación de las muestras

Las determinaciones fisicoquímicas comprendieron la medición del potencial de hidrógeno (pH), acidez titulable, sólidos solubles expresados en grados Brix (°Brix) y viscosidad. Finalmente, la aceptación del producto fue determinada mediante la evaluación sensorial (**Anexo 2**).

2.8. Análisis estadístico

Los datos fueron organizados en una base de datos y analizados con el programa estadístico InfoStat. Se calcularon estadísticos descriptivos tales como media y desviación estándar para cada variable. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño completamente al azar en arreglo factorial 2×3 , con el fin de evaluar la interacción entre ambos factores sobre las variables respuesta. Se trabajó con el test de Tukey ($p < 0,05$) para determinar las diferencias estadísticas entre las medias. Finalmente, los resultados se presentaron en tablas y figuras.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización fisicoquímica de la bebida fermentada

3.1.1. Acidez titulable durante el almacenamiento

El análisis de acidez titulable (**Anexo 16**) mostró diferencias significativas entre las formulaciones durante algunos de los períodos estudiados ($p < 0,05$). En el día cero, todas las bebidas mostraron valores estadísticamente similares, con una acidez que varió entre 0,370 % y 0,500 %, lo que indica que las formulaciones comenzaron el estudio bajo condiciones

comparables y que las diferencias observadas posteriormente se debieron al proceso de fermentación.

A partir del tercer día, todas las formulaciones mostraron un aumento de acidez, lo cual es normal durante la fermentación probiótica. Sin embargo, se observó un aumento mayor en las bebidas fermentadas con *Lacticaseibacillus casei* que en las inoculadas con *Lactiplantibacillus plantarum*, lo que indica que este cultivo iniciador produce más ácidos orgánicos.

En el sexto día, la formula T5 elaborada con *Lacticaseibacillus casei* con 75 % de quinua y 25 % de avena tuvo uno de los valores más altos de acidez (1,637 %), seguida por T4 (50:50) y T6 (25 % de quinua y 75 % de avena). Por otro lado, la T1, correspondiente a la formulación fermentada con *Lactiplantibacillus plantarum* y una mezcla equilibrada de quinua y avena (50:50), tuvo menor acidez (1,100 %). Este comportamiento sugiere que *Lacticaseibacillus casei* fue el más capaz de acidificar el medio, sin importar la proporción de materias primas empleada.

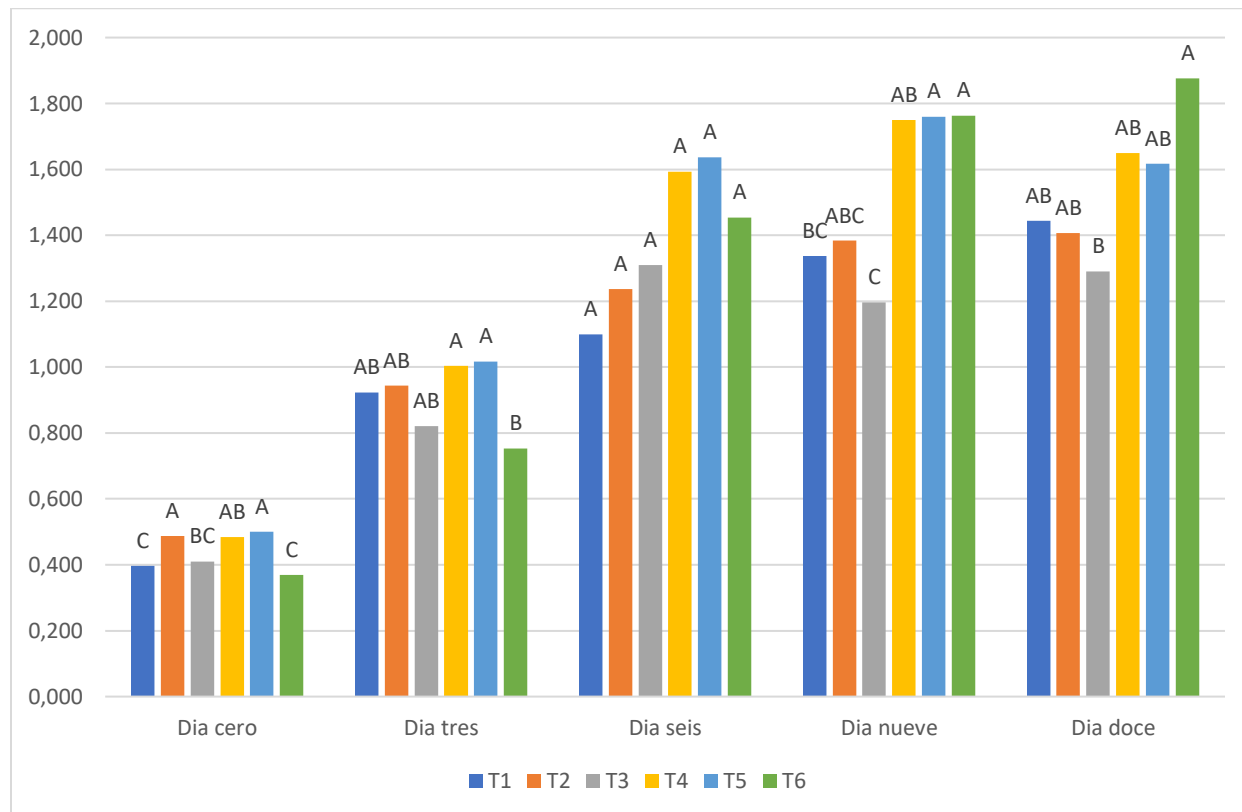
Al noveno día se hicieron más evidentes las diferencias entre las formulaciones. La bebida correspondiente a T6, fermentada con *Lacticaseibacillus casei* y mayor proporción de avena (25:75), alcanzó 1,763 % de acidez, mientras que T5 tuvo 1,760 %. Por otro lado, la formulación T3 elaborada con *Lactiplantibacillus plantarum* y predominio de avena (25:75), presentó el menor valor, con un 1,197 %. Aunque se utilizó la misma proporción de quinua y avena en ambas formulaciones, la diferencia observada demuestra que el cultivo iniciador tuvo un efecto importante sobre la intensidad del proceso fermentativo.

Al finalizar el almacenamiento (día doce) la formulación T6 tuvo mayor acidez titulable (1,877 %) seguida de T4 (1,650 %) y T5 (1,617 %), todas fermentadas con *Lacticaseibacillus casei*. Por el contrario, las formulaciones inoculadas con *Lactiplantibacillus plantarum* presentaron menor acidez, siendo la T3 la que tuvo el menor valor (1,290 %). Estos resultados sugieren que la utilización de *Lacticaseibacillus casei* propició una acidificación más pronunciada del producto, mientras que la mayor cantidad de avena presente en T6 estaría creando un ambiente más adecuado para el metabolismo del cultivo, posibilitando obtener la mayor producción de ácidos orgánicos durante el almacenamiento.

En conjunto, los resultados indican que tanto el tipo de cultivo inicial como la relación quinua–avena afectaron el comportamiento de la acidez titulable. Las formulaciones fermentadas con *Lacticaseibacillus casei* presentaron un proceso fermentativo más activo, y la combinación

de 25 % de quinua y 75 % de avena permitió obtener la mayor acidificación, lo que puede contribuir favorablemente a la estabilidad microbiológica de la bebida.

Figura 1. Acidez titulable de cada tratamiento durante el período de almacenamiento.



Nota. Medias con letras diferentes dentro de cada día indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

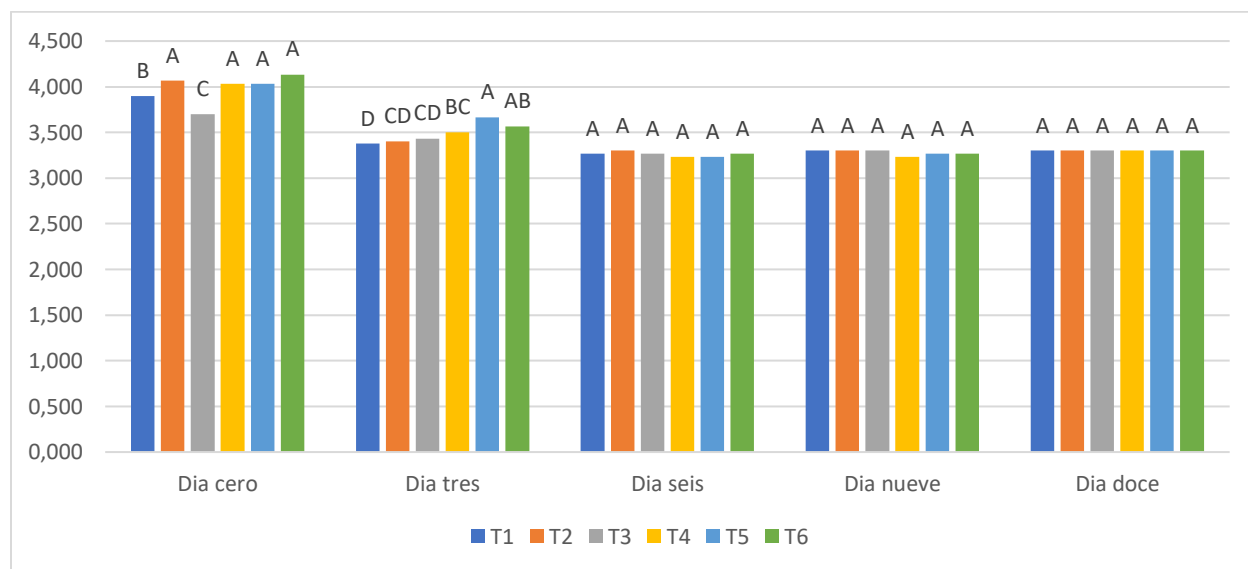
3.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)

Los resultados de potencial de hidrógeno (pH) (**Anexo 18**) evidenciaron diferencias significativas entre las formulaciones durante algunos de los períodos evaluados ($p < 0,05$). En los primeros momentos de almacenamiento los valores oscilaron entre 3,700 y 4,133 destacando que la formulación T6, fermentada con *Lacticaseibacillus casei* y con una mezcla compuesta por un 25 % de quinua y un 75 % de avena, presentó mayor pH inicial mientras que la formulación T3 elaborada con *Lactiplantibacillus plantarum* y la misma combinación de materias primas, el valor más bajo.

En todos los casos se observó una caída del pH en los primeros días de almacenamiento, como consecuencia de la producción de ácido láctico durante la fermentación. Las bebidas inoculadas con *Lacticaseibacillus casei* mostraron, sin embargo, una caída más rápida del pH, coincidiendo con el incremento observado en la acidez titulable. Este resultado indica que ese cultivo fue más capaz de transformar los azúcares de que disponía en ácidos.

Al sexto día se observa una disminución de las diferencias entre formulaciones, y al finalizar el almacenamiento prácticamente todas alcanzan valores cercanos a 3,30, lo que indica una estabilización del proceso fermentativo. Las formulaciones con mayor contenido de avena, aunque mostraron una ligera tendencia a una mayor velocidad de estabilización del pH, su comportamiento estuvo determinado principalmente por la actividad del cultivo iniciador, siendo *Lacticaseibacillus casei* el microorganismo que generó una acidificación más marcada durante los primeros días de estudio.

Figura 2. Comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) de cada tratamiento durante el período de almacenamiento.



Nota. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

3.1.3. Sólidos solubles (°Brix)

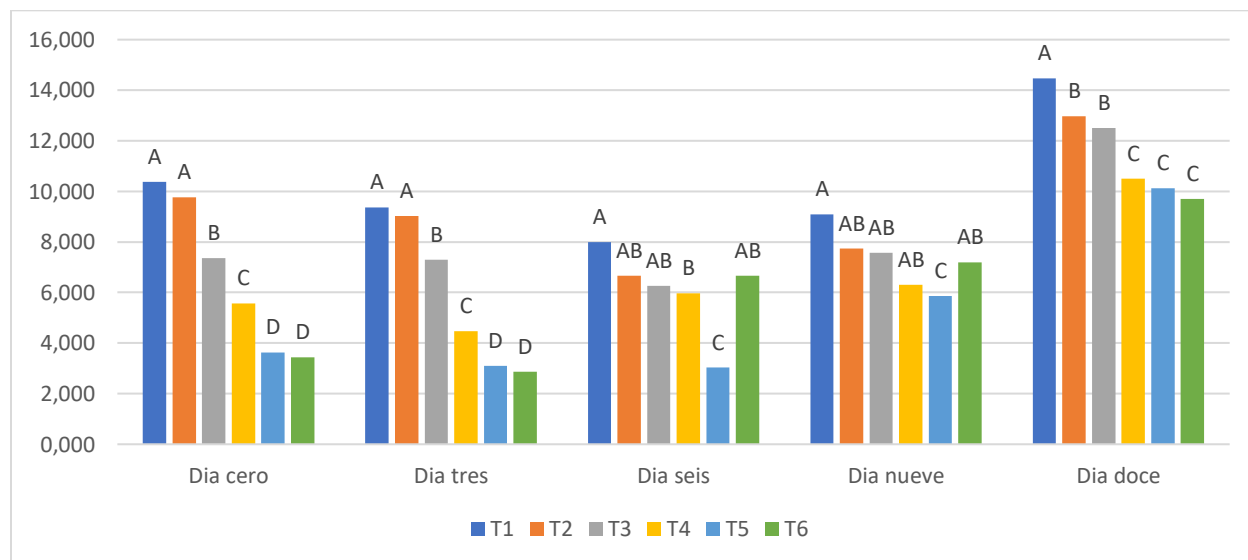
Los análisis de sólidos solubles (**Anexo 19**) revelaron diferencias significativas entre las formulaciones a lo largo de todo el período de evaluación ($p < 0,05$). En los inicios del estudio, la formulación T1, elaborada con *Lactiplantibacillus plantarum* y una mezcla de quinua y avena

en una proporción de 50 % cada una, tuvo la mayor concentración de sólidos solubles (10,367 °Brix), mientras que T6, fermentada con *Lacticaseibacillus casei* y una mezcla de 25 % de quinua y 75 % de avena, tuvo el menor contenido de sólidos solubles (3,433 °Brix).

En los primeros seis días de almacenamiento se presentó una disminución generalizada de los grados Brix en todas las formulaciones, lo cual indica que los microorganismos utilizaron parte de los azúcares disponibles como fuente de energía durante la fermentación, progresivamente se redujo la concentración de sólidos solubles presentes en la bebida.

A partir del noveno día se empezó a observar un aumento de los valores de °Brix, en las formulaciones fermentadas con *Lactiplantibacillus plantarum*. T1 mantuvo los valores más altos durante todo el estudio y alcanzó 14,467 °Brix al final del almacenamiento. Este comportamiento podría deberse a la hidrólisis de algunos carbohidratos complejos presentes en la quinua y la avena, liberando compuestos solubles que elevaron nuevamente la lectura del refractómetro. Por otra parte, las formulaciones inoculadas con *Lacticaseibacillus casei* mostraron valores inferiores durante la mayor parte del almacenamiento, lo que podría indicar un mayor aprovechamiento de los carbohidratos fermentables por parte de este microorganismo.

Figura 3. Comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) de cada tratamiento durante el período de almacenamiento.



Nota. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

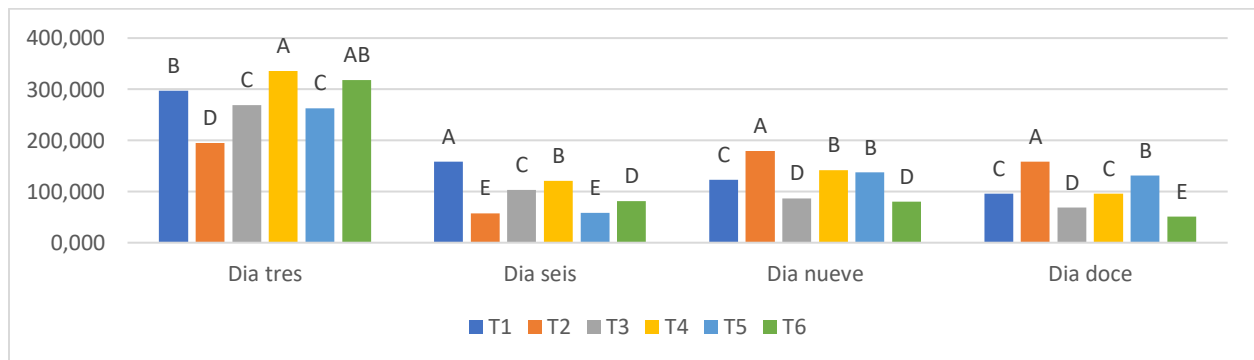
3.1.4. Viscosidad

Los resultados de viscosidad (**Anexo 17**) mostraron diferencias significativas entre las formulaciones durante el período de almacenamiento ($p < 0,05$). El día tres la formulación T4 con fermentación de *Lacticaseibacillus casei* y con proporción equilibrada de 50 % de quinua y 50 % de avena, fue la que tuvo mayor viscosidad (335,333 cP) y la T2 elaborada con *Lactiplantibacillus plantarum* y con mayor contenido de quinua (75 % de quinua y 25 % de avena), tuvo menor valor (195,367 cP). Estos resultados sugieren que, en la fase inicial de almacenamiento, la combinación del cultivo iniciador y la composición de la formulación influyó en la consistencia de la bebida.

En los días siguientes se vio una disminución progresiva de la viscosidad en todas las formulaciones. La reducción fue más notable en aquellas bebidas con mayor contenido de avena, especialmente en T6, donde la viscosidad descendió de 317.800 cP a 50.700 cP al final del estudio. Este comportamiento puede ser debido a la degradación parcial de los polisacáridos y a los cambios estructurales que se producen durante la fermentación que alteran la capacidad de retención de agua de la matriz alimentaria.

La formulación T2 mostró un comportamiento distinto al resto de bebidas, ya que presentó un incremento en la viscosidad en los últimos días de almacenamiento, alcanzando el valor más alto al final del estudio (158.200 cP). Esto señala que la mayor cantidad de quinua que hay en la formulación, que es el ingrediente que aporta proteína y almidón, puede ayudar a la estabilidad estructural del producto luego del proceso de fermentación.

Figura 4. Resultados de viscosidad durante el período de almacenamiento entre tratamientos.



Nota. Medias con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

3.1.5. Viscosidad a diferentes velocidades de rotación

En la figura 5 se muestran los valores de viscosidad obtenidos para los tratamientos T1 y T4 durante la evaluación a las velocidades de rotación de 6, 12, 30 y 60 rpm. Ambos tratamientos mostraron un comportamiento similar, con valores de viscosidad mayores a la velocidad más baja (6 rpm), mientras que, al aumentar la velocidad de rotación, la viscosidad disminuyó de forma progresiva.

Al comparar los tratamientos, la formulación elaborada con *Lacticaseibacillus casei* (T4) presentó valores de viscosidad ligeramente superiores en las primeras velocidades evaluadas en relación con el tratamiento elaborado con *Lactiplantibacillus plantarum* (T1), ambos con una proporción de 50 % de quinua y 50 % de avena. A 6 rpm se obtuvieron valores de 209,5 cP para T4 y 204,4 cP para T1, mientras que a 12 rpm alcanzaron 168,6 y 163,5 cP, respectivamente. Para 30 rpm, los valores obtenidos fueron de 118,5 cP en T4 y 120,5 cP en T1, y finalmente a 60 rpm se registraron valores de 95,0 y 94,5 cP, respectivamente.

En general se observaron menores diferencias entre los tratamientos, lo que indica que el tipo de microorganismo utilizado como cultivo iniciador tuvo poca influencia sobre la viscosidad final de la bebida bajo esta formulación. Ambos tratamientos mantuvieron una tendencia similar frente al aumento de la velocidad de rotación, evidenciando un comportamiento característico de disminución de viscosidad cuando se incrementa la velocidad de cizallamiento.

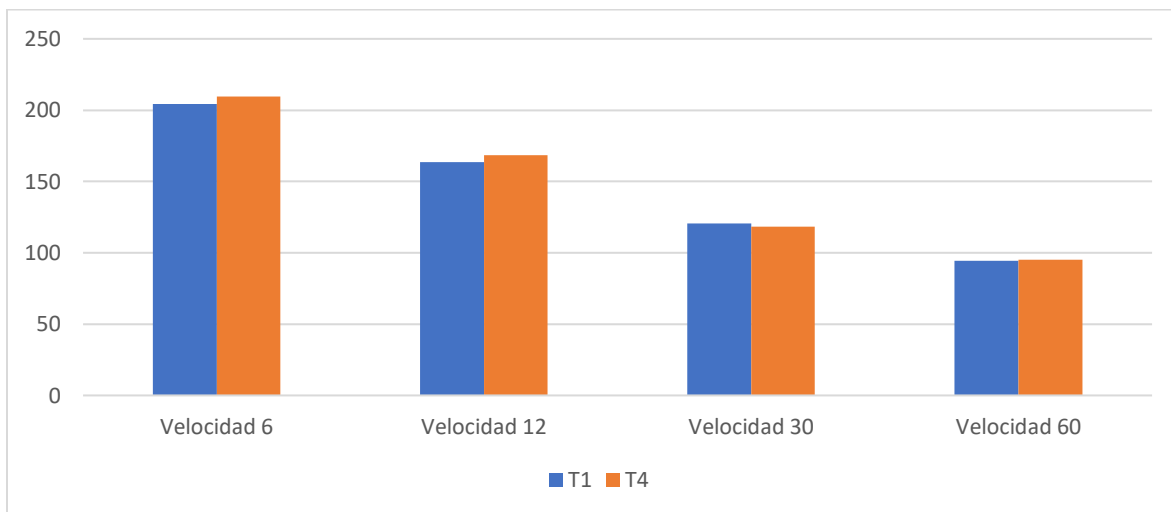


Figura 5. Curvas de viscosidad de los tratamientos T1 y T4 en función de la velocidad de rotación.

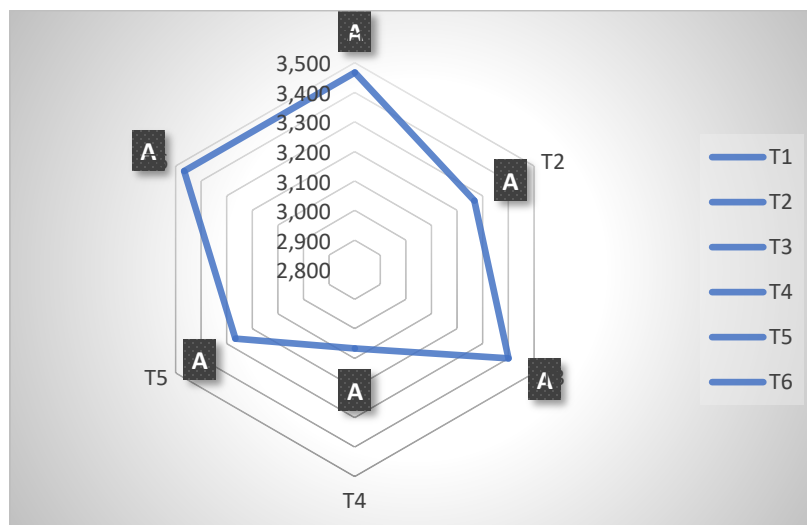
3.2. Evaluación sensorial de la bebida fermentada

3.2.1. Aceptación general

El análisis de la aceptación general reveló diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Las formulaciones T1 y T6 tuvieron la mayor puntuación (3,467), a pesar que ambas se elaboraron con cultivos iniciadores diferentes. T1 fue formulado con fermentación de *Lactiplantibacillus plantarum* y una proporción equilibrada de 50 % de quinua y 50 % de avena, mientras que T6 se fermentó con *Lacticaseibacillus casei* y tuvo una mayor proporción de avena (25 % de quinua y 75 % de avena).

Estos resultados muestran que tanto una formulación balanceada como otra con predominio de avena fueron bien aceptadas, aunque el uso de *Lacticaseibacillus casei* en combinación con un mayor contenido de avena permitió obtener una bebida con una percepción más favorable. Por el contrario, T4 elaborado con *L. casei* pero con una proporción de 50:50 obtuvo la menor aceptación (3,067) lo que indica que la aceptación sensorial dependió no sólo del microorganismo utilizado sino también de la relación entre ambos ingredientes.

Figura 6. Aceptación general de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.



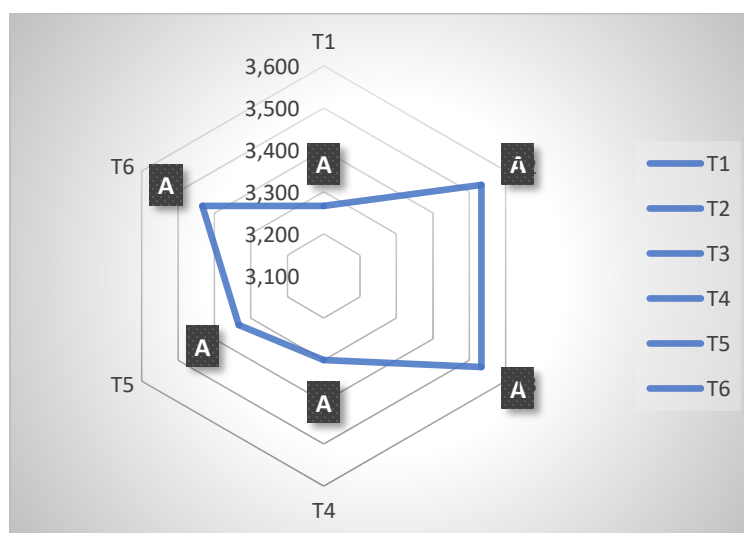
3.2.2. Apariencia

La apariencia mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Los fermentos con mayor puntaje fueron T2 y T3 (3,533), ambos fermentados con *Lactiplantibacillus plantarum*. Sin embargo, estos tratamientos fueron diferentes en la proporción de materias

primas, ya que T2 estaba formado por 75 % de quinua y 25 % de avena, mientras que T3 fue conformado por 25 % de quinua y 75 % de avena.

El comportamiento visto indica que el cultivo de *L. plantarum* favoreció la apariencia visual de la bebida sin importar la proporción de quinua y avena utilizada. Sin embargo, las bebidas fermentadas con *Lactocaseibacillus casei* también tuvieron puntuaciones cercanas, sobre todo T6 (3,433), lo que indica que el tipo de cultivo iniciador no fue el único factor determinante en la percepción visual del producto.

Figura 7. Apariencia de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.

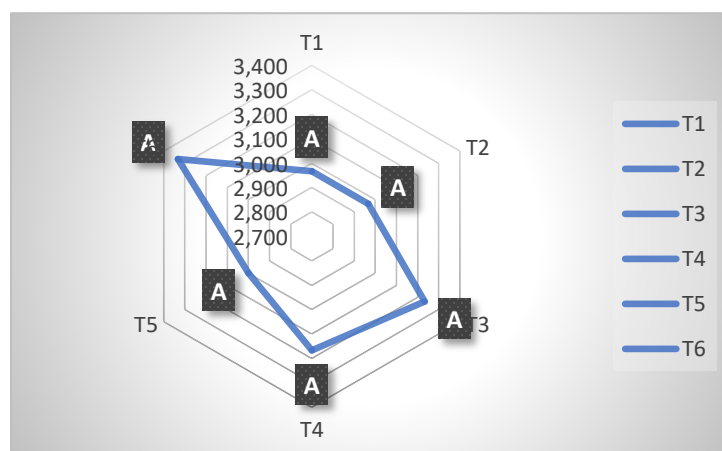


3.2.3. Aroma

El atributo aroma presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). El puntaje más alto fue asignado a T6 (3,333), formulación fermentada con *Lactocaseibacillus casei* con proporción de 25 % de quinua y 75 % de avena. Ello indica que la combinación de este cultivo iniciador con un mayor contenido de avena propició el desarrollo de compuestos aromáticos mejor valorados por los evaluadores.

Por el contrario, T1 y T2, ambas fermentadas con *Lactiplantibacillus plantarum*, tuvieron las calificaciones más bajas (2,967), lo que sugiere que las formulaciones con mayor contenido de quinua generaron aromas menos agradables durante la fermentación. En conjunto, los resultados muestran que tanto el tipo de microorganismo como la proporción de avena influyeron en la percepción aromática del producto final.

Figura 8. Aroma de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada

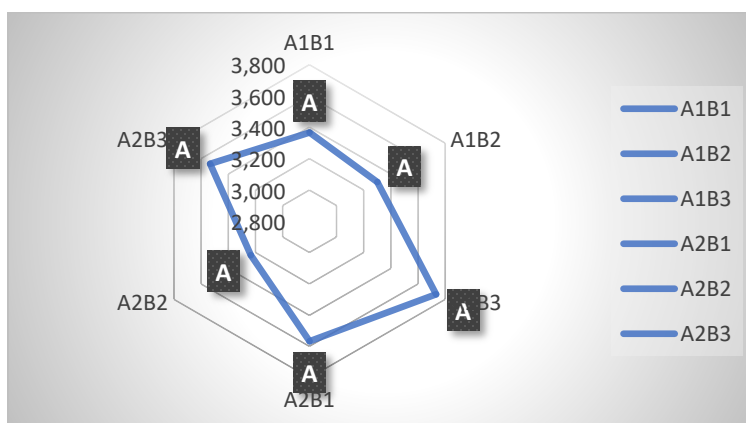


3.2.4. Color

En el análisis del color se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). La formulación T3, fermentada con *Lactiplantibacillus plantarum*, con una proporción de 25 % de quinua y 75 % de avena obtuvo la mayor puntuación (3,733). De igual forma, los tratamientos T4 y T6, fermentados con *Lacticaseibacillus casei*, tuvieron puntajes mayores de 3,5.

Estos resultados sugieren que las fórmulas con mayor proporción de avena tuvieron un color más atractivo para los evaluadores, sin importar el cultivo inicial empleado. Por otro lado, la T5, que corresponde a la formulación con 75 % de quinua y 25 % de avena fermentada con *Lacticaseibacillus casei*, obtuvo la menor valoración (3,233), lo que sugiere que un mayor contenido de quinua pudo influenciar en la percepción visual del producto.

Figura 9. Color de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.

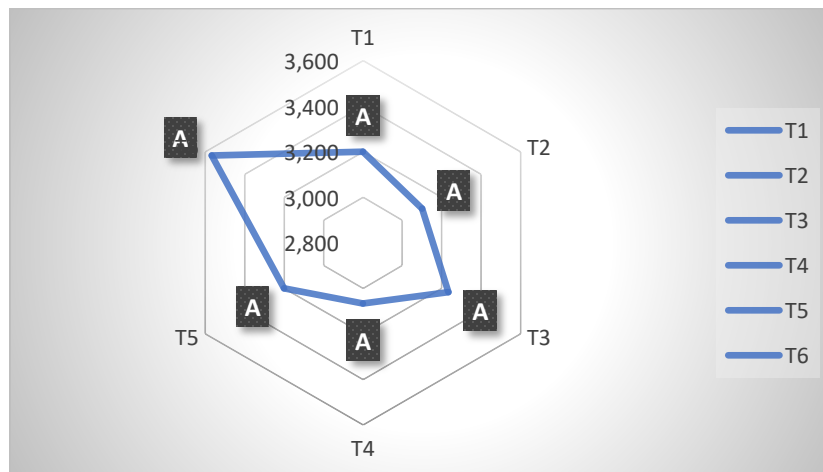


3.2.5. Sabor

Las formulaciones mostraron diferencias significativas en el atributo sabor ($p < 0,05$). T6 obtuvo la puntuación más alta (3,567), superando al resto de los tratamientos. La formulación se preparó con *Lacticaseibacillus casei* y con una proporción de 25 % de quinua y 75 % de avena, lo que indica que esta combinación favoreció el desarrollo de un perfil sensorial más agradable para los evaluadores.

Por otro lado, T4 fermentado con el mismo cultivo iniciador, pero con proporción 50 % de quinua y 50 % de avena obtuvo una de las menores puntuaciones (3,067) mientras que T2 elaborado con *Lactiplantibacillus plantarum* y mayor contenido de quinua registró 3,100. Estos resultados muestran que la aceptación del sabor se vio afectada por el microorganismo utilizado y por la proporción de las materias primas. En particular, una mayor participación de avena en la formulación, en combinación con la fermentación mediante *Lacticaseibacillus casei*, permitió obtener el tratamiento con mejor aceptación sensorial.

Figura 10. Sabor de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada.



4. DISCUSIÓN

Se analizaron los resultados y compararon con otros estudios recién; y se evidenció que todas las formulaciones mostraron un incremento progresivo en acidez titulable durante los doce días de almacenamiento, pero el tratamiento T6, que contenía *Lacticaseibacillus casei* con una mezcla de quinua y avena en la proporción 25 % y 75 %, alcanzó la acidez más alta (1,877 %), mientras que el tratamiento T3, fermentado con *Lactiplantibacillus plantarum*, tuvo la acidez

más baja (1,290 %). Estos resultados indican que el cultivo inicial influyó directamente sobre la intensidad del proceso fermentativo.

Hurtado-Murillo et al. (2024), quienes elaboraron bebidas fermentadas a base de harinas de quinua y garbanzo inoculadas con *Lactobacillus acidófilo*, vieron que la acidez creció de un valor de 0,42 % a niveles cercanos al 1,60 % de ácido láctico durante el almacenamiento, y atribuyeron este aumento a la continua producción de ácidos orgánicos por bacterias probióticas del ácido láctico. Ambos estudios evidenciaron una misma tendencia de incremento de la acidez, pero el tratamiento T6 de la presente investigación alcanzó un valor ligeramente superior (1,877 %), lo que estaría relacionado con el empleo de *Lacticaseibacillus casei*, la mayor proporción de avena y las condiciones de formulación empleadas.

De igual modo, Yang et al. (2025) probaron diferentes bacterias del ácido láctico en bebidas vegetales y observaron que los niveles finales de acidez variaban entre el 1,45 % y el 1,82 %, en función de la cepa empleada. Estos hallazgos son muy similares a los de este estudio, en particular en el tratamiento T6 (1,877 %), lo que confirma que la capacidad de acidificación depende principalmente del microorganismo usado y de la disponibilidad de sustratos fermentables. Por otra parte, Li et al. (2025) señalaron que las bebidas fermentadas de quinua, normalmente, presentan valores de acidez en un rango del 1,30 % al 1,70 % después del almacenamiento refrigerado. En comparación con estos resultados, el tratamiento T6 presentó una acidificación ligeramente superior, mientras que T3 (1,290 %) se encontró dentro del límite inferior del rango descrito por estos autores. Estas diferencias podrían ser debido a la formulación empleada, al tipo de cultivo iniciador y la proporción de quinua y avena evaluadas en cada investigación.

Las formulaciones mostraron, respecto a los sólidos solubles (°Brix), un comportamiento distinto al observado para la acidez y el pH. En los primeros días de almacenamiento todos los tratamientos presentaron una disminución de los grados Brix, mientras que a partir del noveno día las formulaciones fermentadas con *Lactiplantibacillus plantarum* mostraron un incremento gradual, destacando el tratamiento T1 que alcanzó 14,467 °Brix al término del estudio. Por otro lado, se encontró el menor valor en el tratamiento T6 (9.700 °Brix) preparado con *Lacticaseibacillus casei* y la mayor cantidad de avena, lo que indica un mayor consumo de los azúcares fermentables durante la actividad metabólica de este microorganismo.

Estos resultados muestran un comportamiento similar al reportado por Castillo et al., (2023), quienes elaboraron una bebida fermentada de quinua mediante hidrólisis enzimática y fermentación por lácticos. Los autores observaron que los sólidos solubles descendieron de unos 12,1 a 8,4 °Brix en el transcurso del proceso fermentativo, debido al consumo de los azúcares por parte de las bacterias ácido-lácticas. Aunque también se registró una disminución inicial en la presente investigación, posteriormente el tratamiento T1 mostró un incremento hasta 14,467 °Brix, comportamiento que difiere del reportado por estos autores y que se estaría relacionado con la manera en que se liberan compuestos solubles de la hidrólisis parcial del almidón y otros carbohidratos presentes en la quinua y la avena durante el almacenamiento.

Penha et al. (2021) publicaron resultados similares, indicando que las bebidas vegetales presentan una reducción inicial de los sólidos solubles por el consumo de azúcares simples, pero dependiendo de la composición de la matriz y la actividad enzimática de los microorganismos pueden ocurrir incrementos posteriores asociados a la degradación de los polisacáridos complejos. Este comportamiento explica la respuesta observada en el tratamiento T1, donde el incremento de los °Brix en los últimos días podría estar asociado a la liberación de azúcares provenientes del almidón de la quinua y de los β -glucanos de la avena.

Mefleh et al. (2024), por otro lado, informaron que las bebidas fermentadas elaboradas con harinas de garbanzo y trigo Kamut® alcanzaron valores finales cercanos a 10 °Brix, similares a los obtenidos en el tratamiento T6 (9,700 °Brix). Estos resultados fueron atribuidos por los autores a un mejor aprovechamiento de los carbohidratos por las bacterias ácido-lácticas durante la fermentación. Esta explicación también podría justificar el menor contenido de sólidos solubles observado en los tratamientos fermentados con *Lactocaseibacillus casei*, que presentaron una acidificación más intensa y por tanto una mayor actividad metabólica.

En cuanto a la viscosidad, los resultados mostraron que las formulaciones presentaron diferencias significativas en el transcurso del almacenamiento. El tratamiento T4 presentó inicialmente la mayor viscosidad (335,333 cP) y el tratamiento T2 el menor valor (195,367 cP). Conforme avanzó el almacenamiento, la viscosidad disminuyó progresivamente en la mayoría de los tratamientos, sin embargo, el tratamiento T2 mostró un comportamiento diferente, incrementando su viscosidad hasta 158,200 cP al finalizar el estudio, mientras que T6 presentó la mayor reducción alcanzando 50,700 cP.

Estos resultados son comparables a los reportados por Deziderio et al. (2023) quienes desarrollaron diferentes bebidas vegetales fermentadas y observaron que la viscosidad disminuyó durante el almacenamiento debido a la modificación de la estructura coloidal y a la degradación parcial de polisacáridos. La tendencia fue similar a la encontrada en el presente estudio, pero los valores reportados por estos autores oscilaron entre 70 y 180 cP, inferiores a la viscosidad inicial registrada para T4 (335,333 cP). Esta diferencia puede deberse al mayor contenido de almidón y proteínas aportado por la quinua y la avena utilizadas en este estudio, lo que favoreció una estructura más consistente al inicio del almacenamiento.

De igual modo, Dan et al. (2024) indicaron que los polisacáridos presentes en la avena, en particular los β -glucanos, son importantes para la viscosidad de las bebidas vegetales, ya que tienen una gran capacidad de retener agua y formar soluciones viscosas. Sin embargo, durante la fermentación, estos compuestos pueden experimentar modificaciones estructurales que reducen progresivamente la consistencia del producto. Esta explicación está de acuerdo con la disminución observada en el tratamiento T6, que contenía mayor proporción de avena y que presentó mayor reducción de viscosidad al finalizar el almacenamiento.

De igual forma, Rodríguez et al. (2023) encontraron que la incorporación de avena y quinua mejora inicialmente las propiedades texturales de los productos alimenticios, debido a la interacción entre proteínas, almidones y fibra soluble. En la presente investigación este efecto se hizo evidente durante los primeros días de almacenamiento, en especial en los tratamientos T4 y T6, aunque posteriormente la fermentación modificó la estructura de la matriz alimentaria, disminuyendo la viscosidad a medida que avanzó el proceso.

En la evaluación sensorial, los resultados obtenidos mostraron que la aceptación de la bebida estuvo influenciada tanto por el cultivo iniciador como por la proporción de quinua y avena que se utilizó en cada formulación. El tratamiento T6 a base de *Lacticaseibacillus casei* y con una proporción de 25 % de quinua y 75 % de avena es el que tuvo mejor aroma (3,333) y sabor (3,567) y el mayor nivel de aceptación general (3,467) junto con el tratamiento T1. Por el contrario, el tratamiento T4 tuvo una de las puntuaciones más bajas en la aceptación general (3,067) lo que indica que el uso del mismo cultivo iniciador no asegura una mejor percepción por parte del consumidor si la proporción de los ingredientes no es adecuada.

Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Mero Fuentes et al. (2025) quienes desarrollaron una bebida vegetal elaborada con avena y mucilago de cacao. Estos autores encontraron puntajes de aceptación general entre 3,4 y 4,1 sobre una escala hedónica de cinco puntos, y observaron que las formulaciones con mayor estabilidad física y mejor equilibrio entre aroma y sabor fueron las que recibieron las calificaciones más altas por parte de los consumidores. En la presente investigación el tratamiento T6 obtuvo una puntuación de 3,467 valor que se encuentra dentro del rango reportado por dichos autores lo que muestra que una mayor proporción de avena puede contribuir favorablemente a la aceptación del producto.

De igual manera, Santana de Oliveira et al. (2024) evaluaron una bebida vegetal fermentada suplementada con fruta de uvaia, y reportaron valores de aceptación general cercanos a 3,8 puntos, señalando que la fermentación propició la generación de compuestos aromáticos responsables de la mejora de la percepción del consumidor. Aunque el valor obtenido en el presente estudio fue un poco menor, la tendencia fue parecida, siendo las formulaciones fermentadas con *Lactobacillus casei* las que tuvieron las mejores calificaciones sensoriales, especialmente en los atributos de aroma y sabor.

El atributo apariencia también presentó diferencias entre tratamientos, T2 y T3 fueron los mejor valorados con una puntuación de 3,533 mientras que T6 obtuvo 3,433 lo que evidencia que todas las formulaciones obtuvieron una aceptación visual moderadamente favorable. Estos resultados son comparables a los reportados por Hidalgo-Fuentes et al. (2024), quienes señalaron que la apariencia es uno de los primeros atributos evaluados por los consumidores al seleccionar bebidas vegetales fermentadas, y que valores superiores a 3 puntos reflejan una adecuada aceptación comercial. Así, las formulaciones desarrolladas en el presente trabajo mostraron características visuales aceptables, independientemente del cultivo iniciador utilizado.

En cuanto al aroma, el tratamiento T6 tuvo la mayor calificación (3,333), mientras que T1 y T2 tuvieron los valores más bajos (2,967). Este comportamiento coincide con lo descrito por Mefleh et al. (2024) quienes encontraron que la fermentación mediante bacterias ácido-lácticas favorece la formación de compuestos volátiles responsables de mejorar el aroma de bebidas vegetales. Tras la fermentación los autores observaron incrementos significativos en la aceptación aromática, con puntuaciones que superaron los 3,5 en la escala hedónica. Aunque las calificaciones obtenidas en esta investigación fueron ligeramente inferiores, ambas

investigaciones evidencian que la actividad metabólica de las bacterias desempeña un papel importante en el desarrollo del aroma final del producto.

Con respecto al color, el tratamiento T3 tuvo la mayor aceptación (3,733), seguido por T4 y T6, cuyos valores fueron mayores a 3,5; mientras que el T5 tuvo la menor nota (3,233). Los resultados obtenidos muestran que todas las formulaciones mantuvieron una buena percepción visual. De igual manera, Rodríguez et al. (2023) señalaron que el uso de avena y quinua en productos de alimentos mejora las características visuales, debido a la tonalidad clara que aportan estos ingredientes, logrando puntuaciones cercanas a 3,6 en pruebas de aceptación. La coincidencia entre ambos estudios permite deducir que la combinación de estos cereales favorece una apariencia atractiva para el consumidor.

El sabor fue el atributo que presentó las diferencias más grandes entre los tratamientos. La formulación T6 obtuvo la mayor calificación (3,567) y las formulaciones T4 (3,067) y T2 (3,100) las calificaciones más bajas. Este hallazgo coincide con lo reportado por Zhao et al. (2025) quienes elaboraron bebidas fermentadas de quinua con distintas bacterias probióticas y encontraron puntajes de sabor entre 3,5 y 4,2 y concluyeron que la elección del cultivo iniciador tiene un efecto directo en la aceptación por parte del consumidor. El valor alcanzado por T6 (3,567) está dentro del rango descrito por estos autores, lo que confirma que la utilización de *Lactocaseibacillus casei* favoreció el desarrollo de un perfil sensorial más agradable.

5. CONCLUSIONES

- Se determinó que la formulación T6, elaborada con *Lactocaseibacillus casei* y una proporción de 25 % de quinua y 75 % de avena, presentó los mejores resultados durante la investigación, ya que alcanzó la mayor acidez titulable al finalizar el almacenamiento (1,877 %), mantuvo un pH cercano a 3,30 y obtuvo las puntuaciones más altas en aroma, sabor y aceptación general durante la evaluación sensorial.
- En cuanto a los sólidos solubles, el tratamiento T6 presentó los valores más favorables durante el período de almacenamiento; además, este comportamiento se mantuvo estable entre las evaluaciones realizadas, diferenciándose del resto de los tratamientos.
- Respecto a la viscosidad, el tratamiento T6 registró los valores más adecuados entre las formulaciones evaluadas; asimismo, conservó una consistencia apropiada durante el

almacenamiento, cumpliendo con las características físicas esperadas para la bebida fermentada.

- La evaluación sensorial permitió evidenciar que el tratamiento T6 fue el de mayor aceptación entre los catadores, al obtener las mejores puntuaciones en aroma, sabor y aceptación general.

6. RECOMENDACIONES

- Evaluar otras proporciones de inclusión de quinua y avena, u otro material de origen vegetal, así como la incorporación de bacterias lácticas, para desarrollar formulaciones con diferentes características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales.
- Realizar análisis microbiológicos durante el almacenamiento para verificar la inocuidad del producto y determinar el comportamiento de los microorganismos en diferentes condiciones de conservación.
- Se recomienda extender el tiempo de almacenamiento de la bebida e incluir evaluaciones periódicas de los parámetros fisicoquímicos y sensoriales, de manera que sea posible establecer su vida útil.
- Diseñar un estudio de factibilidad que determine los costos de producción, y canales de comercialización, incluyendo un estudio de mercado con el objetivo de comercializar la bebida.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2024). Fermentation's pivotal role in shaping the future of plant-based foods and protein alternatives. *Future Foods*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502224000799>
- Abdelshafy, A. M., Rashwan, A. K., & Osman, A. I. (2024). Potential food applications and biological activities of fermented quinoa: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 144, 104339. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104339>
- Alianza, C. (2025, 20 de enero). *Las bebidas azucaradas son las responsables del 9,8 % de los nuevos casos de diabetes y del 3,1 % de los accidentes cardiovasculares*. Cardioalianza. <https://cardioalianza.org/las-bebidas-azucaradas-son-responsables-del-9-de-nuevos-casos-de-diabetes-y-del-3-de-accidentes-cardiovasculares/>
- AOAC International. (2000). *AOAC Official Method 997.02: Yeast and mold counts in foods. Dry rehydratable film method (Petrifilm method)*. AOAC International. https://epraise.com.tw/wp-content/uploads/2024/06/Petrifilm-YM_AOAC-OMA-997.02.pdf
- AOAC International. (2023). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (22nd ed.). AOAC International. <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>
- Arriola, J. (2008). *Elaboración de una bebida fermentada* [Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1060_Q.pdf
- Barco Coro, L. M. (2017). *Elaboración de bebida fermentada a base del extracto de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y soya (Glycine max) con la aplicación de probióticos* [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f1513f28-bad5-497e-a9d5-0182afee25f1/content>
- Campos, Y., Acosta, K., & Paucar, L. (2022). Composición nutricional y componentes bioactivos del grano y la hoja, e impacto del tratamiento térmico y de la germinación. *Universidad Nacional del Santa*, 209–220.
- Canaviri Paz, P. R. (2021). *Fermented probiotic beverage based on quinoa: Functionality*,

- hygiene, and health effects* [Doctoral dissertation, Lund University].
https://lup.lub.lu.se/search/files/102071990/e_nailing_Thesis_Canaviri_Paz_Pamela.pdf
- Castillo, C. S. H., Salcedo, J. G., & López, L. M. (2023). Preparation of a probiotic quinoa beverage by enzymatic hydrolysis and lactic acid fermentation. *Vitae*, 30(2).
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/352397>
- Codex Alimentarius Commission. (2023). *Codex Alimentarius: International food standards*. FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Dan, L., Chen, M., Ma, X., Sun, Y., Liu, R., & Song, T. (2024). Extraction, purification, structural characteristics, bioactivity, and potential applications of *Avena sativa* polysaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 261, 129930.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.129930>
- Deziderio, M. A., de Souza, H. F., Kamimura, E. S., & Petrus, R. R. (2023). Plant-based fermented beverages: Development and characterization. *Foods*, 12(22), 4128.
<https://doi.org/10.3390/foods12224128>
- Fabiano, G. A., Oliveira, R. P. S., Rodrigues, S., Santos, B. N., Venema, K., & Antunes, A. E. C. (2025). Evidence of synbiotic potential of oat beverage enriched with inulin and fermented by *Lactocaseibacillus rhamnosus* LR B in a dynamic in vitro model of the human colon. *Food Research International*, 211, 116489. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116489>
- Hidalgo-Fuentes, B., de Jesús-José, E., Cabrera-Hidalgo, A. J., Sandoval-Castilla, O., Liceaga, A. M., & Aguilar-Toalá, J. E. (2024). Plant-based fermented beverages: Nutritional composition, sensory properties, and health benefits. *Foods*, 13(6), 844.
<https://doi.org/10.3390/foods13060844>
- Hurtado-Murillo, J., Franco, W., & Contardo, I. (2024). Impact of homolactic fermentation using *Lactobacillus acidophilus* on plant-based protein hydrolysis in quinoa and chickpea flour blended beverages. *Food Chemistry*, 463, 141110.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141110>
- Hurtado-Murillo, J., Franco, W., & Contardo, I. (2024). Role of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and chickpea flours in the physicochemical and microbiological quality of fermented plant-based beverages. *Foods*, 13(15), 2462.

<https://doi.org/10.3390/foods13152462>

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1986). *NTE INEN 389: Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH) (Primera revisión)*. Servicio Ecuatoriano de Normalización. <https://ia801306.us.archive.org/7/items/ec.nte.0389.1986/ec.nte.0389.1986.pdf>
- Jiménez, M., & Ordóñez, R. (2021). Consumo de azúcares libres y sus efectos negativos en la salud. *Qualitas*, 22(22), 63–80. <https://doi.org/10.55867/qual22.05>
- Li, C., Zhang, Y., Wang, X., & Liu, J. (2025). Review of quinoa fermentation: Product diversity, process optimization, and nutritional enhancement. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1605558. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1605558>
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Domínguez, R., Pateiro, M., Saraiva, J. A., & Franco, D. (2021). Principales grupos de microorganismos relevantes para la seguridad y estabilidad de los alimentos: Aspectos generales y descripción general. En D. Lorenzo (Ed.), *Innovative Technologies for Food Preservation* (pp. 53–107). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811031-7.00003-0>
- Maldonado, R., Carrillo, P., Ramírez, L., & Carvajal, F. (2018). Elaboración de una bebida fermentada a base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Enfoque UTE*, 9(3), 85–97. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n3.332>
- Mayo, B., & Flórez, A. B. (2021). Lactic acid bacteria: *Lactobacillus plantarum*. En J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (3.^a ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00173-2>
- Mefleh, M., Omri, G., Limongelli, R., Minervini, F., Santamaria, M., & Faccia, M. (2024). Enhancing nutritional and sensory properties of plant-based beverages: A study on chickpea and Kamut® flours fermentation using *Lactococcus lactis*. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1269154. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1269154>
- Mero Fuentes, K. A., Moreira Zambrano, P. M., & Sacón Vera, E. F. (2025). Caracterización física y sensorial de una bebida vegetal elaborada con avena y mucílago de cacao. *Ibero Ciencias: Revista Científica y Académica*, 4(3), 854–878. <https://doi.org/10.63371/ic.v4.n3.a149>

- Ogrodowczyk, A. M., Drabińska, N., & Ciska, E. (2021). Crossroad of tradition and innovation: The application of lactic acid fermentation to increase the nutritional and health-promoting potential of plant-based food products: A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71(2), 115–134. <https://doi.org/10.31883/pjfn/134282>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Healthy diet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- Organización Panamericana de la Salud. (2022). *Etiquetado frontal de alimentos y bebidas para prevenir enfermedades no transmisibles en las Américas*. <https://www.paho.org/es/temas/etiquetado-frontal>
- Penha, C. B., Santos, V. P., Speranza, P., & Kurozawa, L. E. (2021). Plant-based beverages: Ecofriendly technologies in the production process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 72, 102760. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102760>
- Rachtan-Janicka, J., Cichocka, I., & Gębski, J. (2025). The role of plant-based beverages in nutrition: An expert opinion. *Nutrients*, 17(9), 1562. <https://doi.org/10.3390/nu17091562>
- Rodríguez, I., Benavides, R., Jurado, B., Marulanda, M., & Zuluaga, C. (2023). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales en galletas elaboradas con trigo, avena y quinoa. *Ingeniería y Competitividad*, 25(2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332023000200008
- Santana de Oliveira, T., Deziderio, M. A., & Petrus, R. R. (2024). Fermented plant-based beverage supplemented with uvaia fruit: Physicochemical, microbiological, and sensory aspects. *Frontiers in Food Science and Technology*, 4, 1460402. <https://doi.org/10.3389/frfst.2024.1460402>
- 3M Food Safety. (2018). *3M™ Petrifilm™ Yeast and Mold Count Plates: Interpretation Guide*. 3M Company. <https://multimedia.3m.com/mws/media/1175569O/3m-petrifilm-yeast-and-mold-count-plate-interpretation-guide.pdf>
- Yang, L., Zhang, M., Liu, H., & Wang, Y. (2025). Study on physicochemical properties, antioxidant activity and fermentation of a plant-based beverage by different lactic acid bacteria. *Foods*, 14(21), 3761. <https://doi.org/10.3390/foods14213761>
- Yu, Q., Li, Y., Wang, X., & Zhang, L. (2023). Applicable strains, processing techniques and health

benefits of plant-based fermented foods. *Foods*, 12(8), 1708.
<https://doi.org/10.3390/foods12081708>

Zhao, L., Liao, J., Wang, T., & Zhao, H. (2025). Enhancement of nutritional value and sensory characteristics of quinoa fermented beverages using selected lactic acid bacteria. *Foods*, 14(8), 1406. <https://doi.org/10.3390/foods14081406>

ANEXOS

Ficha de observación del producto

Proyecto:		Elaboración y caracterización de una bebida proteica fermentada a base de quinua y avena.					
Investigadoras:		De la Cruz Delgado Dana Mayely, Ureta Pin Solange Jamileth.					
Carrera:		Ingeniería en alimentos.					
Lugar de observación:							
Fecha de inicio de lote:							
Código del lote:							
Tratamiento:							
Objetivo de la observación:		Registrar los cambios sensoriales, microbiológicos y fisicoquímicos.					
Día de observación.	Color	Olor/Aroma	Textura o viscosidad	Presencia de sedimentos/separación de fases.	pH	Espuma o gasificación.	Observaciones generales.
Día 0 (inicio)							
Día 3							
Día 6							
Día 9							
Día 12							

Anexo 1. Ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN SENSORIAL

Proyecto de tesis	Desarrollo y caracterización de una bebida fermentada a base de quinua y avena
Investigadoras	De la Cruz Delgado Dana Mayeli Ureta Pin Solange Jamileth
Carrera	Ingeniería en Alimentos
Fecha	

Método:

Escala hedónica estructurada compatible con ISO 5495 (pruebas de aceptación) y aplicable por jueces no entrenados o semientrenados.

Objetivo

Evaluar la aceptabilidad sensorial de una bebida fermentada a base de quinua y avena mediante la valoración de atributos como color, aroma, sabor y textura.

Instrucciones para el evaluador

Deguste cuidadosamente la muestra presentada y seleccione el puntaje que mejor represente su apreciación respecto a cada atributo evaluado

Escala hedónica

Puntaje	Significado
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Tabla de observación por muestra

Atributo	A1B1	A1B2	A1B3	A2B1	A2B2	A2B3
Color						
Aroma						
Sabor						
Apariencia						
Aceptación general						

Observaciones:

Número de panelistas recomendado (ISO 5495) mínimo aceptable: ≥ 30 panelistas (para estudios exploratorios o académicos básicos)

Anexo 2. Ficha de evaluación sensorial



Anexo 3. Pesado de 1000 gramas de quinoa



Anexo 4. Lavado y remojado por 24 h de la quinoa



Anexo 5. Pesado de 1000 gr de avena



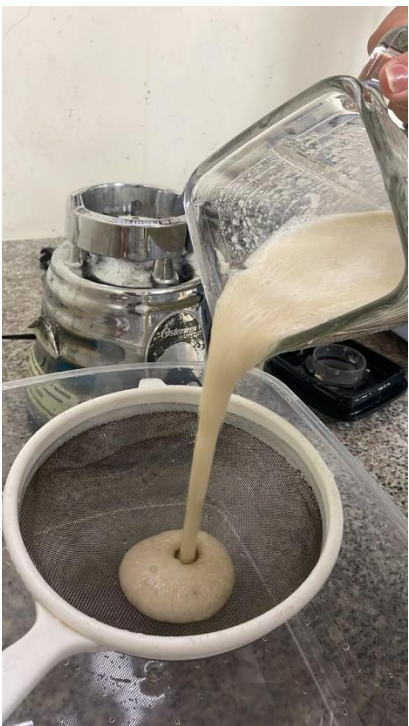
Anexo 6. Realización de dos lavados para eliminar impurezas



Anexo 7. Se lleva a hervir la quinua y la avena hasta alcanzar una consistencia suave y adecuada para su procesamiento.



Anexo 8. Toma de temperaturas de los dos productos



Anexo 9. Extracto de quinua y avena separando el líquido de los sólidos mediante filtración.



Anexo 10. Enfriado del extracto hasta alcanzar la temperatura ambiente



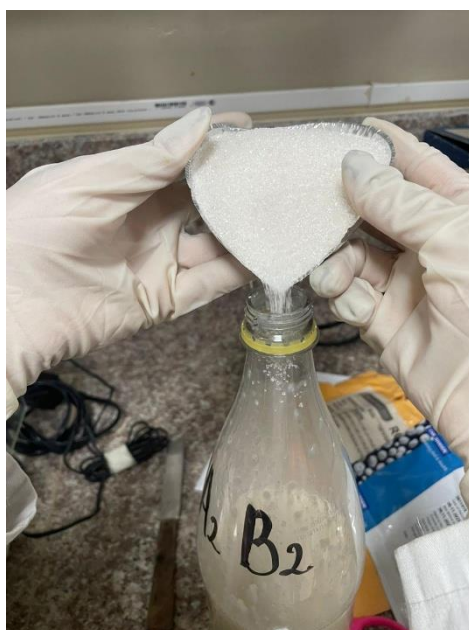
Anexo 11. Pesado de 0,1 gr de *Lactobasillus plantarum*



Anexo 12. Pesado de 0,1 gr de *Cassei*



Anexo 13. Adición de una solución de glucosa al 80 % al cultivo de *Lactobacillus plantarum*



Anexo 14. Preparado de una solución de sacarosa al 80% para el cultivo *Cassei*



Anexo 15. Tratamientos evaluados



Anexo 16. Análisis de acidez



Anexo 17. Análisis de viscosidad



Anexo 18. Medición de pH



Anexo 19. Análisis de grados brix