



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: Desarrollo y evaluación de una bebida vegana alternativa al yogur a base de chocho (*Lupinus mutabilis*), endulzada con jarabe de agave (*Agave americana*).

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

Autor: Damaris Lizbeth Silva Fernández

Tutor: Dr. Carlos Santiago Moreno Miranda

Ambato – Ecuador

Enero - 2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Carlos Santiago Moreno Miranda

Certifica:

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

Ambato, 10 de diciembre del 2025.



Dr. Carlos Santiago Moreno Miranda

1804285342

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Damaris Lizbeth Silva Fernández, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Alimentos son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Damaris Lizbeth Silva Fernández

0604908012

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

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



Damaris Lizbeth Silva Fernández

0604908012

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

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

Para constancia firman:



Presidente del Tribunal



Mg. Edwin Alvaro Solórzano Saltos

0201710696



Dr. Santiago Esmiro Cadena Carrera

1715602593

Ambato, 05 de enero 2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi cariño a mis padres Klever Silva y Lorena Fernández, y a mi hermano Alejandro. Sus sacrificios e incansables esfuerzos me han enseñado que ninguna meta es inalcanzable cuando se trabaja con humildad y disciplina. Gracias a su dedicación, apoyo, comprensión y sabios consejos he podido llegar a cumplir una meta más en mi vida profesional.

A mis Pachitos y Michis tanto a los que ya partieron al cielo, y a los que gracias a Dios aún se me encuentran a mi lado. Su compañía, amor y ternura han sido un motor para seguir adelante; y confío en que, desde donde estén, continúan brindándome su cariño incondicional.

A mis queridas abuelas, mamita Carmen y mamita Fabiana, quienes ocupan un lugar especial en esta dedicatoria. Sus palabras y enseñanzas me recordaron siempre que la educación, el esfuerzo y la constancia son la clave para construir un futuro mejor.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la salud necesaria para culminar con este proyecto, el cual representa una de las metas más significativas de mi formación profesional.

A mi familia, por su apoyo incondicional y constante, por ser mi mayor motivación cada día. Gracias por cada sacrificio y cada esfuerzo que hicieron posible que yo culminara con este camino.

A mis mejores amigos, Peter, Sebas, Mela y Johan. Gracias por acompañarme en esta etapa y convertirla en una de las más bonitas de mi vida. Deseo firmemente que sigamos adelante con Sociedad y logremos concretar todos nuestros proyectos. Agradezco su amistad y lealtad; me llevo en el corazón nuestra complicidad en cada plan improvisado: nuestras salidas a comer, al cine o esos instantes simples pero memorables compartidos a cualquier hora del día.

Extiendo mi gratitud a todas las amistades que formé durante mi vida universitaria; cada uno aportó momentos agradables, gratos y llenos de aprendizaje.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi tutor, el Dr. Carlos Moreno, así como al Dr. Diego Salazar y al Ing. Luis Tamayo. Su orientación, conocimientos y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación y para mi crecimiento académico.

A todos y cada uno de los docentes de la carrera, quienes con sus conocimientos, exigencias y compromiso contribuyeron a mi formación académica y profesional. Cada clase, consejo y enseñanza ha dejado una huella valiosa en mi camino.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO	xvi
ABSTRACT.....	xvii
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1. Justificación	1
1.1.2. El veganismo.....	2
1.1.3. El chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	3
1.1.3.1. Composición nutricional	3
1.1.3.2. Desafíos nutricionales y tecnológicos del chocho (<i>Lupinus mutabilis</i>)	7
1.1.3.3. Propiedades tecnológicas y beneficios funcionales.	9
1.1.4. Penco negro (<i>Agave americana</i>)	9
1.1.5. Jarabe de agave	10
1.1.5.1. Parámetros fisicoquímicos	10
1.1.5.2. Composición nutricional y características fisicoquímicas	11
1.1.5.3. Beneficios del jarabe de agave (<i>Agave americana</i>) como edulcorante.....	12
1.1.6. Bebidas no lácteas fermentadas	12

1.1.6.1.	Beneficios de bebidas fermentadas no lácteas.....	13
1.1.6.2.	Retos nutricionales y tecnológicos.....	13
1.1.7.	Microorganismos probióticos	14
1.1.7.1.	Beneficios del consumo de probióticos.....	15
1.1.8.	Normativas nacionales e internacionales aplicables.	15
1.2.	Objetivos.....	16
1.2.1.	Objetivo General	16
1.2.2.	Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....		17
2.1.	Materiales.....	17
2.2.	Metodología	17
2.2.1.	Evaluar la aceptabilidad sensorial de seis prototipos de una bebida fermentada a base de chocho utilizando tres concentraciones distintas de jarabe de agave como edulcorante.....	17
2.2.1.1.	Diseño experimental	17
2.2.1.2.	Preparación de la bebida vegana fermentada	18
2.2.1.3.	Evaluación sensorial	19
2.2.1.4.	Análisis estadístico.....	19
2.2.2.	Analizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del mejor tratamiento sensorial.	19
2.2.2.1.	<i>Análisis fisicoquímicos</i>	19
2.2.2.2.	Análisis nutricionales	22
2.2.2.3.	Análisis Microbiológicos	25
2.2.3.	Evaluar la vida de anaquel del mejor tratamiento sensorial mediante un análisis de estabilidad acelerado.....	28
2.2.3.1.	Evaluación fisicoquímica en la vida útil	28
2.2.3.2.	Evaluación microbiológica en la vida útil.....	28
2.2.3.3.	Estimación de la vida útil (Modelo de Arrhenius)	28
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30

3.1.	Evaluar la aceptabilidad sensorial de seis prototipos de una bebida fermentada a base de chocho utilizando tres concentraciones distintas de jarabe de agave como edulcorante.	30
3.1.1.	Análisis de aceptabilidad	30
3.1.2.	Análisis descriptivo por medio de gráfica radial.....	38
3.2.	Analizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del mejor tratamiento sensorial.	39
3.2.1.	Análisis fisicoquímicos	39
3.2.2.	Propiedades Nutricionales.....	40
3.2.3.	Parámetros Microbiológicos	43
3.3.	Evaluar la vida de anaquel del mejor tratamiento sensorial mediante un análisis de estabilidad acelerado.....	45
3.3.1.	Análisis de la vida útil por método acelerado de pH.....	45
3.3.2.	Análisis de la vida útil por método acelerado de acidez	47
3.3.3.	Análisis de la vida útil por método acelerado de Probióticos	49
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		52
4.1.	Conclusiones	52
4.2.	Recomendaciones	52
BIBLIOGRAFÍA.....		54
ANEXOS.....		62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Macronutrientes del chocho desamargado (<i>Lupinus mutabilis</i>).....	5
Tabla 2. Micronutrientes del chocho desamargado (<i>Lupinus mutabilis</i>).	6
Tabla 3. Contenido de antinutrientes en el <i>Lupinus mutabilis</i> , antes y después del desamargado.	8
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del jarabe de agave (<i>Agave americana</i>).	10
Tabla 5. Parámetros nutricionales del jarabe de agave (<i>Agave americana</i>).	11
Tabla 6. Diseño factorial A×B.	17
Tabla 7 Métodos aplicados en los análisis fisicoquímicos.....	21
Tabla 8. Métodos aplicados para los parámetros nutricionales.....	25
Tabla 9. Métodos para el análisis microbiológico.....	27
Tabla 10. Análisis de Friedman y Wilcoxon parámetro Color.	30
Tabla 11. Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Olor.....	31
Tabla 12. Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Sabor.	33
Tabla 13. Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Textura.	35
Tabla 14. Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Aceptabilidad.	36
Tabla 15. Análisis de los fisicoquímicos del mejor tratamiento sensorial.	39
Tabla 16. Análisis de los parámetros nutricionales del mejor tratamiento sensorial.	40
Tabla 17. Comparación nutricional entre la bebida fermentada experimental y productos comerciales.	41
Tabla 18. Análisis de los parámetros microbiológicos del mejor tratamiento sensorial.	43
Tabla 19. Evaluación de vida útil por método acelerado basada en la variación de pH.	45
Tabla 20. Determinación de la vida útil del producto mediante la ecuación de Arrhenius del parámetro pH.....	46
Tabla 21. Evaluación de vida útil por método acelerado basada en la variación de acidez.	47
Tabla 22. Determinación de la vida útil del producto mediante método acelerado de acidez.	48
Tabla 23. Evaluación de vida útil por método acelerado basada en la variación de probióticos.	49
Tabla 24. Determinación de la vida útil del producto mediante método acelerado de Probióticos.	50
Tabla 25. Materias primas y materiales.	62

Tabla 26. Equipos e insumos.	62
Tabla 27. Medios de cultivo y reactivos.	63
Tabla 28. Softwares y laboratorios.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de elaboración de la bebida fermentada de chocho.....	18
Figura 2. Gráfica radial comparativa.	38
Figura 3. Placa Chromocult®.	43
Figura 4. Placa MacConkey.....	43
Figura 5. Placa PDA.	43
Figura 6. Placa PCA.....	44
Figura 7. Placa SS.....	44
Figura 8. Placa MRS.....	44
Figura 9. Ecuación de Arrhenius para el parámetro pH.....	46
Figura 10. Ecuación de Arrhenius para el parámetro acidez.	48
Figura 11. Ecuación de Arrhenius para los Probióticos.....	50
Figura 12. Bebida fermentada de chocho.	64
Figura 13. Análisis sensorial.....	64
Figura 14. Análisis microbiológico.....	65
Figura 15. Análisis fisicoquímicos.	65
Figura 16. Análisis realizados en LACONAL.	66
Figura 17. Prueba de aceptabilidad.....	67
Figura 18. Prueba de aceptabilidad.....	68
Figura 19. Prueba descriptiva.	69

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de acidez titulable.	20
Ecuación 2. Densidad.....	20
Ecuación 3. Porcentaje de sinéresis.	21
Ecuación 4. Porcentaje de nitrógeno.	22
Ecuación 5. Porcentaje de proteína.	22
Ecuación 6. Porcentaje de grasa total.....	23
Ecuación 7. Porcentaje de Fibra dietética total.	23
Ecuación 8. Porcentaje de sólidos totales.	24
Ecuación 9. Porcentaje de cenizas.	24
Ecuación 10. Porcentaje de carbohidratos.	25
Ecuación 11. Energía total	25
Ecuación 12. Unidades formadoras de Colonia.	26
Ecuación 13. Modelo cinético orden cero.....	28
Ecuación 14. Modelo cinético orden uno.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Materias primas.....	62
Anexo 2. Equipos e insumos.	62
Anexo 3. Medios de cultivo y reactivos.	63
Anexo 4. Softwares y laboratorios.....	64
Anexo 5. Elaboración de los tratamientos	64
Anexo 6. Análisis sensorial	64
Anexo 7. Análisis microbiológico.	65
Anexo 8. Análisis físicoquímicos	65
Anexo 9. Análisis en LACONAL.....	66
Anexo 10. Hoja de cata.....	67

RESUMEN EJECUTIVO

La creciente demanda de alternativas lácteas veganas motiva la búsqueda de matrices vegetales de alto valor nutricional. Este estudio evaluó el efecto de tres niveles de jarabe de agave (*Agave americana*) como edulcorante (10, 20, 30 por ciento) y dos concentraciones de cultivo iniciador (3 y 6 por ciento) sobre las características de una bebida fermentada alternativa al yogur a base de chocho (*Lupinus mutabilis*). La metodología incluyó evaluación sensorial, caracterización fisicoquímica, análisis nutricional, control microbiológico y estimación de vida útil mediante pruebas aceleradas. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en la percepción sensorial, seleccionando al tratamiento tres con la mejor aceptación global. El edulcorante no solo aportó un índice glucémico bajo, sino que equilibró el sabor al enmascarar el amargor característico del chocho. El producto final presentó un perfil nutricional competitivo, destacando un 3.89 por ciento de proteína y un aporte energético de 112 Kilocalorías por cada 100 gramos. Microbiológicamente, se garantizó inocuidad, y se obtuvieron recuentos de bacterias ácido-lácticas superiores a los estándares de la OMS, FAO y la normativa NTE INEN 2395: 2011. Además, el modelo de Arrhenius estimó una vida útil de 43 días bajo refrigeración, limitada por la cinética de acidificación. En conclusión, se demostró la viabilidad tecnológica del chocho para desarrollar análogos de yogur, ofreciendo una alternativa 100 por ciento vegana, estable y nutritiva que valoriza un cultivo andino subutilizado, aportando una propuesta de innovación con un gran potencial en la industria alimentaria.

Palabras clave: Chocho (*Lupinus mutabilis*), jarabe de agave (*Agave americana*), análogo de yogur, vegano, vida útil.

ABSTRACT

The growing demand for vegan dairy alternatives drives the search for plant-based matrices with high nutritional value. This study evaluated the effect of three levels of agave syrup (*Agave americana*) as a sweetener (10, 20, and 30 per cent) and two concentrations of starter culture (3 and 6 per cent) on the characteristics of a fermented yoghurt alternative beverage based on chocho (*Lupinus mutabilis*). The methodology included sensory evaluation, physicochemical characterisation, nutritional analysis, microbiological control, and shelf-life estimation using accelerated testing. Results revealed significant differences in sensory perception, leading to the selection of treatment three as having the best overall acceptance. The sweetener not only contributed a low glycaemic index but also balanced the flavour by masking the characteristic bitterness of chocho. The final product presented a competitive nutritional profile, highlighted by a 3.89 per cent protein content and an energy value of 112 kilocalories per 100 grams. Microbiologically, safety was guaranteed, and lactic acid bacteria counts were obtained that exceeded the standards established by the WHO, FAO, and the NTE INEN 2395:2011 regulations. Furthermore, the Arrhenius model estimated a shelf life of 43 days under refrigeration, limited by acidification kinetics. In conclusion, the technological feasibility of chocho for developing yoghurt analogues was demonstrated, offering a 100 per cent vegan, stable, and nutritious alternative that valorises an underutilised Andean crop, providing an innovative proposal with great potential in the food industry.

Keywords: Chocho (*Lupinus mutabilis*), agave syrup (*Agave americana*), yoghurt analogue, vegan, shelf life.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Justificación

En la actualidad, se ha observado un creciente interés en la adopción de productos alternativos a los lácteos. Este incremento responde, principalmente a las necesidades dietéticas de la población, incluyendo a personas con intolerancia a la lactosa, alergias a proteínas lácteas, hipercolesterolemia o aquellas que han optado por un estilo de vida vegano o una dieta basada en plantas (**Hidalgo-Fuentes et al., 2024**).

A nivel global, el mercado de alimentos veganos ha registrado un sólido crecimiento proyectado del 10.1% hasta el 2028 (**Cárdenas, 2024**). No obstante, en Ecuador, la oferta de estos productos aún es limitada y poco diversificada, lo que se traduce en un incremento de sus costos y una potencial dependencia de alternativas importadas o de difícil acceso para el consumo local (**Moyano, 2024**).

Paralelamente, se observa una creciente demanda por alimentos orgánicos que sean altamente nutritivos y promuevan un estilo de vida saludable (**Moreno-Miranda et al., 2022**). Esta tendencia está directamente alineada con orientaciones globales hacia la reducción del consumo de productos de origen animal, impulsado no solo por consideraciones éticas relativas para el bienestar animal, sino también por la búsqueda de la sostenibilidad ambiental, mejora de estrategias de sostenibilidad la optimización de la salud de los consumidores (**Guamán, 2023; Moreno-Miranda & Dries, 2022**).

En este contexto, el chocho (*Lupinus mutabilis*) se posiciona como una matriz vegetal favorable para la sustitución parcial o total de la leche bobina en el desarrollo de productos fermentados. Esta aptitud se fundamenta en su destacado perfil nutricional, caracterizado por su contenido proteico que se aproxima al 40%, y su contenido lípidos saludables cercana al 18% (**Altamirano Espinosa et al., 2024**).

Con respecto al agente edulcorante, el jarabe de agave (*Agave americana*) ha cobrado relevancia en la industria alimentaria durante los últimos años, posicionándose como un edulcorante natural alternativo de la sacarosa. Su incorporación se justifica principalmente a su bajo índice glucémico y su elevado aporte de fructooligosacáridos, los cuales confieren actividad prebiótica al producto final (**Saraiva et al., 2022**).

Bajo esta perspectiva, la demanda de análogos de origen vegetal ha experimentado un crecimiento significativo. El objetivo primordial de estos desarrollos es replicar, y en ciertos casos optimizar las propiedades tecnofuncionales y nutricionales de los lácteos convencionales (**Ramirez et al., 2021**). Entre las principales materias primas empleadas destacan las leguminosas, los frutos secos y los cereales. Estos ingredientes no solo se representan una opción para consumidores veganos, sino también para aquellos interesados en productos más sostenibles equilibra una dieta más saludable y aporta un perfil nutricional mejorado (**García Coronel & Iturralde, 2021; Moreno-Miranda et al., 2022**).

1.1.2. El veganismo

Donald Watson introdujo el término veganismo en 1944. Su objetivo fue diferenciar esta filosofía del vegetarianismo. Posteriormente, The Vegan Society estableció la definición formal en 1988 (**Wrenn, 2019**). Esta entidad concibe al veganismo como un principio ético integral y un estilo de vida. Su premisa busca excluir de toda forma de explotación y crueldad hacia los animales. Asimismo, promueve alternativas libres de productos animales para beneficio global (**The Vegan Society, 2025**).

De manera complementaria, **LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (2014)** define el término como el rechazo consciente al consumo de origen animal. Para la presente investigación, se adoptó la definición de The Vegan Society. Este enfoque guía el desarrollo del producto y garantiza la exclusión total de ingredientes animales.

Azpíroz (2024) examina la prevalencia mundial del veganismo utilizando datos recopilados entre 2021 y 2022. Sus hallazgos evidencian diferencias significativas entre regiones. India lidera la estadística con un 28% de la población que sigue una dieta basada en plantas. Por su parte, Reino Unido y Suiza, registran un 7%. A estos les siguen Australia con un 6%, junto con China y Estados Unidos ambos con un 5%. En el contexto latinoamericano **Jaramillo (2024)** identifica a Brasil, México, Colombia, Argentina y Chile como los países con mayor adopción a esta filosofía.

La demanda de productos veganos en Ecuador mantiene un crecimiento sostenido. Quito se posiciona como el epicentro de esta tendencia de consumo (**Primicias, 2019**). Este auge se refleja en los reportes de empresas como Cordon Green, la cual registra un crecimiento anual del 10%. Su estrategia destaca por el uso de leguminosas y granos locales. Así mismo el mercado nacional se ha diversificado, Pronaca sobresale con su línea Veggie Deli (**Armijos, 2022**).

La empresa Ecopacific ha consolidado su posición en el mercado. Su marca ECOLOVE ofrece diversas alternativas a productos de origen animal. Su oferta abarca análogos lácteos, como yogures y quesos. Este caso demuestra la viabilidad comercial para nuevos desarrollos en dicha categoría (**Martinez, 2020**).

La **Academy of Nutrition and Dietetics (2025)** sostiene que las dietas veganas satisfacen las necesidades nutricionales en cualquier etapa de la vida. Asimismo, se ha comprobado su impacto positivo en la salud metabólica. Este régimen ayuda a reducir los niveles de colesterol y los riesgos cardiovasculares. También mejoran la sensibilidad a la insulina, y controla la diabetes tipo II. No obstante, dichos beneficios dependen de una planificación adecuada. **Mariolly et al. (2021)** advierten sobre deficiencias comunes en dietas mal estructuradas. Estas carencias suelen afectar a las vitaminas (B12, D) y minerales (Ca, Fe, Zn, Se, I). También se ha evidenciado una ingesta insuficiente en ácidos grasos como el omega-3 de cadena larga (DHA y EPA).

En resumen, el crecimiento del veganismo ha generado debates que se enfocan en los aspectos positivos y negativos hacia la salud. **Mulé, (2017)** describe a esta práctica como una filosofía que se solidariza con los animales y el entorno. Su régimen excluye totalmente productos de origen animal, incluyendo lácteos, huevos y miel (**El Comercio, 2024**). La alimentación vegana está constituida por cereales, legumbres, frutas, verduras, tubérculos y frutos secos. Estos grupos de alimentos aportan los nutrientes necesarios para prevenir déficits nutricionales (**González-Ortiz, 2022**).

1.1.3. El chocho (*Lupinus mutabilis*)

El *Lupinus mutabilis*, comúnmente conocido como chocho o tarwi, es una leguminosa originaria de la región andina. Perteneciente a la familia Fabaceae y destacada por su elevado valor nutricional. Esta especie se adapta a altitudes entre los 2500 y 3600 m s. n. m. Asimismo, prospera a temperaturas que oscilan entre 7 y 14 °C (**Chalampiente, 2021**).

El proceso de domesticación del *Lupinus mutabilis* se sitúa entre los años 1000 a. C. y 500 d. C. Su cultivo abarcó los actuales territorios de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Se estima que Cajamarca (Perú) fue el primer centro de domesticación. El valor de esta leguminosa trasciende el ámbito alimenticio, pues la cultura andina la aprecia también por sus propiedades medicinales. La evidencia arqueológica respalda esta relevancia histórica. Destacan el hallazgo de semillas en tumbas de la cultura Nazca y su representación en cerámicas. Estos vestigios confirman su importancia en las sociedades preincaicas (**Chalampiente-Flores et al., 2021**).

Villacrés et al. (2006) investigadores del INIAP describen la morfología del *Lupinus mutabilis* como una planta que alcanza una altura de 0.4 a 2.5 metros. Posee una raíz pivotante que profundiza hasta 3 metros. Esta raíz presenta nódulos simbióticos para la fijación de nitrógeno. El tallo es de crecimiento erecto y puede mostrar ramificaciones protuberantes. Además, está cubierto por una fina pilosidad que protege a la planta en condiciones climáticas extremas.

Las hojas se componen de 5 a 12 folíolos lanceolados u ovalados. Por su parte, las flores papilionáceas se agrupan en inflorescencias tipo racimo. Su coloración varía durante la maduración e incluye tonos azules, púrpura, blanco, rosado, crema, y amarillo. El fruto es una vaina indehisciente, característica que impide su apertura espontánea y facilita la cosecha. En su interior alberga de 6 a 8 semillas blancas (**Chalampiente, 2021**).

1.1.3.1. Composición nutricional

Investigaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) califican al chocho como un super alimento. Esta distinción responde a su alto valor nutricional y funcional. Por tanto, constituye una alternativa idónea para consumidores de dietas veganas o con intolerancia a la lactosa. Asimismo, se reconoce su potencial para combatir la desnutrición. Estos beneficios derivan de su accesibilidad

económica y su riqueza composicional de alimentos orgánicos y saludables (**Llerena, 2022; Moreno-Miranda et al., 2022**).

1.1.3.1.1. Macronutrientes.

Los macronutrientes son compuestos que el organismo requiere en grandes cantidades. Estos nutrientes son esenciales para el aporte energético y el crecimiento físico. Además, garantizan el funcionamiento corporal mediante la regulación metabólica. Se clasifican en tres grupos principales: proteínas, carbohidratos y lípidos (**Shan et al., 2019**).

Las proteínas son macromoléculas complejas, esenciales en la nutrición por su aporte de nitrógeno y aminoácidos. El organismo utiliza estos aminoácidos para sintetizar sus propias estructuras celulares (**Sanvictores Terrence & Farci Fabiola, 2022**). Según **Badui Dergal (2013)**, estas moléculas desempeñan funciones biológicas vitales. Entre ellas destacan el soporte estructural, el transporte molecular, la motilidad, la defensa inmunológica y la generación de energía.

Según **Badui Dergal (2013)**, los carbohidratos son compuestos orgánicos formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno. En ocasiones, su estructura también integra azufre, fósforo y nitrógeno. Estas biomoléculas son las más abundantes en la naturaleza y constituyen la principal fuente de energía humana. Su clasificación abarca dos grandes categorías. La primera corresponde a los carbohidratos simples, que incluyen monosacáridos (una unidad de azúcar) y oligosacáridos (de 2 a 10 unidades). La segunda son los carbohidratos complejos o polisacáridos (más de 20 unidades), los cuales se subdividen en almidones y fibras (**Berenice et al., 2025**).

Los lípidos son moléculas orgánicas compuestas principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno. Se caracterizan por ser insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos como el hexano. En la nutrición, resultan indispensables para el almacenamiento de energía y la formación de membranas celulares. También intervienen en la síntesis de hormonas. Estos compuestos aportan una alta densidad energética (9 kcal/g). Su clasificación incluye triglicéridos, fosfolípidos y esteroides. A su vez, los triglicéridos están formados por ácidos grasos, los cuales pueden ser saturados o insaturados (**Badui Dergal, 2013**).

En este contexto, el chocho (*Lupinus mutabilis*) destaca por su gran aporte nutricional (**ver Tabla 1**). **Lino (2022)** indica que esta leguminosa contiene 17 de los 20 aminoácidos esenciales para la síntesis proteica. Entre ellos sobresalen el ácido glutámico, la arginina, la histidina y el ácido aspártico. Por el contrario, su contenido de carbohidratos es bajo y se compone mayoritariamente de fibra dietética. En cuanto a la fracción lipídica, predominan los ácidos grasos insaturados. Esta característica contribuye significativamente a su calidad alimentaria (**Almachi Ana & Toapanta Wilma, 2025**).

Tabla 1.

Macronutrientes del chocho desamargado (*Lupinus mutabilis*).

Macronutriente	Cantidad (g/100g)	Referencias
Proteína	30-53	(Altamirano Espinosa et al., 2024; Villacrés et al., 2003; Carvajal-Larenas et al., 2016; Aguilar R., 2023, Meneses Quelal & Pulles, 2025) .
Carbohidratos	5-33g	(Soto et al., 2010; Rodríguez-Ortega et al., 2024; Altamirano Espinosa et al., 2024).
Grasa	13-24	(Villacrés et al., 2006; Altamirano Espinosa et al., 2024; Meneses Quelal & Pulles, 2025).
Fibra	6-12	(Toapanta, 2023; Aguilar R., 2023).

Nota: Estos datos fueron extraídos de diferentes referencias bibliográficas.

1.1.3.1.2. Micronutrientes

Las vitaminas son micronutrientes esenciales para el funcionamiento del organismo. Además, facilitan la absorción y utilización de los macronutrientes. Aunque no aportan energía directamente, actúan como catalizadores en las reacciones del metabolismo. Participan tanto en procesos anabólicos como catabólicos. Estos compuestos se requieren en cantidades mínimas, habitualmente medidas en microgramos. Su deficiencia puede provocar grandes complicaciones de salud (**Vaca Danilo & Favier María, 2023**).

Las vitaminas poseen estructuras químicas variadas, y se clasifican en dos grandes grupos. El primero corresponde a las liposolubles, que incluyen vitaminas A, D, E y K. El segundo son las hidrosolubles, compuestas por la vitamina C y el complejo B (B1, B2, B3, B5, B6, B9, y B12) (**Badui Dergal, 2013**).

Por otra parte, los minerales son nutrientes inorgánicos esenciales. Estos elementos químicos resultan indispensables para el funcionamiento óptimo del organismo. Al igual que las vitaminas, su deficiencia puede ocasionar graves problema de salud. Sus funciones biológicas son múltiples: actúan como componentes estructurales de tejidos y cofactores enzimáticos. También forman parte de la mioglobina y hemoglobina, además regula la presión osmótica (**Badui Dergal, 2013**).

Entre los principales minerales para una dieta balanceada destaca el calcio (Ca), hierro (Fe), yodo (I), y zinc (Zn). En el ámbito industrial, estos compuestos tienen aplicaciones tecnológicas. Se utilizan

habitualmente como antiglomerantes, emulsificantes, secuestrantes y reguladores de pH (**Preciado-Saldaña et al., 2022**)

Tabla 2.

Micronutrientes del chocho desamargado (*Lupinus mutabilis*).

Micronutriente	Cantidad (g/100g)	Referencias
Hierro (Fe)	4-7.5	(Villarreal-Terán, 2024; Rodas Espinoza et al., 2021; Aguilar R., 2023).
Zinc (Zn)	2-4	(Villarreal-Terán, 2024; Moposita Vásquez et al., 2023; Rodríguez-Ortega et al., 2024).
Cobre (Cu)	0.2-0.5	(Rodas Espinoza et al., 2021; Altamirano Espinosa et al., 2024).
Manganeso (Mn)	1-2.5	(Villacrés et al., 2003; Moposita Vásquez et al., 2023; Aguilar R., 2023).
Calcio (Ca)	80-180	(Rodas Espinoza et al., 2021; Curti et al., 2022; Rodríguez-Ortega et al., 2024).
Magnesio (Mg)	160-300	(Villacrés et al., 2003; Altamirano Espinosa et al., 2024).
Fósforo (P)	350-520	(Villacrés et al., 2003; Curti et al., 2022; Moposita Vásquez et al., 2023; Chalampiente, 2021).
Potasio (K)	700-950	(Villacrés et al., 2003; Moposita Vásquez et al., 2023)
Sodio (Na)	15-45	(Villacrés et al., 2003; Curti et al., 2022; Aguilar R., 2023).
Vitamina E (Tocoferoles)	2-5.5	(Villacrés et al., 2006; Márquez-Villacorta et al., 2021).
Vitamina C (Ácido ascórbico)	1.5-3	(Villacrés et al., 2006; (Moposita Vásquez et al., 2023))

Vitamina B1 (Tiamina)	0.2-0.35	(Villacrés et al., 2006; (Moposita Vásquez et al., 2023); Altamirano Espinosa et al., 2024)
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.1-0.25	(Villacrés et al., 2006; Castañeda et al., 2008).
Vitamina B3 (Niacina)	0.8-1.6	(Villacrés et al., 2006; (Moposita Vásquez et al., 2023) Carvajal-Larenas et al., 2016).
Vitamina B9 (Ácido fólico)	50-90 μg	(Villacrés et al., 2006; Carvajal-Larenas et al., 2016).

Nota. Estos datos fueron recopilados de distintas investigaciones bibliográficas.

1.1.3.2. Desafíos nutricionales y tecnológicos del chocho (*Lupinus mutabilis*)

1.1.3.2.1. Compuestos antinutricionales

Según **Cortés-Avendaño et al. (2020)**, el chocho presenta un desafío tecnológico por la presencia de compuestos antinutricionales (CAN). Su reducción es esencial para desarrollar productos aptos para el consumo humano, como harinas o bebidas. Los principales son los alcaloides Quinolizidínicos (AQs), responsables del sabor amargo y la potencial toxicidad. Entre los más prevalentes destacan la lupanina y la esparteína.

Otro componente relevante es el ácido fítico. Este compuesto afecta la digestibilidad y biodisponibilidad de minerales esenciales como hierro, zinc, calcio y magnesio. Al respecto, **Vera-Vega et al. (2022)** sugieren que el remojo prolongado reduce el ácido fítico hasta en un 75%. Finalmente, existen otros CAN como taninos, inhibidores de proteasa y oligosacáridos (estaquiosa y rafinosa). Estos últimos generan gases intestinales por su difícil digestión. No obstante, su contenido disminuye un 70% mediante tratamientos térmicos y fermentación.

1.1.3.2.2. Desamargado

El desamargado del chocho (*Lupinus mutabilis*) constituye una etapa crítica para su aprovechamiento industrial y consumo humano. Este proceso es necesario para eliminar la elevada concentración de alcaloides tóxicos. Existen diversos métodos para lograrlo, tales como tratamientos acuosos, químicos y biológicos. Al respecto, **Vera-Vega et al. (2022)** destacan la eficiencia del tratamiento con agua caliente. Esta técnica logra eliminar un 98.6% del amargor y permute una alta conservación de proteína.

Cortés-Avendaño et al. (2020) cuantificaron la eficacia del desamargado en la eliminación de alcaloides. Los autores aplicaron un proceso acuoso a 10 ecotipos de (*Lupinus mutabilis*). Se reportaron concentraciones residuales mínimas de lupanina (0.0012g/100g MS) y esparteína (0.0014 g/100g MS).

Estos resultados confirman que los métodos actuales reducen la toxicidad a niveles muy inferiores a los límites internacionales establecidos.

No obstante, el desamargado altera la composición y funcionalidad global del grano. **Guerrero de la Torre (2024)** analizó el método tradicional de remojo, cocción y lavado. Sus resultados mostraron una eliminación del 94.9% de los alcaloides. Sin embargo, este proceso también causó una pérdida de sólidos totales del 22%. Dicha reducción afecta principalmente a los lípidos, minerales y carbohidratos. Por tanto, el control riguroso de estas etapas resulta determinante para elaborar una bebida fermentada exitosa (**Vera-Vega et al., 2022**).

Tabla 3.

Contenido de antinutrientes en el *Lupinus mutabilis*, antes y después del desamargado.

Antinutrientes	Antes	Después	Reducción aproximada	Unidad base	Referencias
Alcaloides totales (lupanina y esparteína).	1.5 - 3.0	0.01 - 0.05	98 - 99.5 %	% MS	(Cortés-Avendaño et al., 2020; Carvajal-Larenas et al., 2016)
Fitatos (ácido fítico).	0.8 - 1.2	0.2 - 0.4	60 - 80 %	g/100g MS	(Vera-Vega et al., 2022; (Quitio & Solórzano, 2018; Villacrés, 2020).
Oligosacáridos (rafinosa, estaquiosa).	1.0 - 1.8	0.3 - 0.6	60 - 75 %	g/100g BH	(Vera-Vega et al., 2022; Guerrero de la Torre, 2024).
Taninos condensados	0.2 - 0.4	0.05 - 0.1	50 – 75 %	g/100g MS	(Carvajal-Larenas et al., 2016; Villacrés et al., 2006).
Saponinas	0.1 - 0.3	0.05 - 0.1	40 – 60 %	g/100 g MS	(Vera-Vega et al., 2022; Villacrés et al., 2003).
Inhibidores	2.0 - 3.5	0.8 - 1.5	55 – 70 %	mg/g MS	(Vera-Vega et al., 2022; Villacres et al., 1998).

Nota. Estos datos fueron obtenidos a partir de diferentes referencias bibliográficas.

En resumen, el chocho presenta antinutrientes significativos, como los alcaloides quinozidínicos y el ácido fítico. Por ello, el desamargado resulta indispensable para garantizar la seguridad alimentaria. Los métodos disponibles (remojo, cocción, lavado) reducen eficientemente la toxicidad. No obstante, estos

procesos implican pérdidas nutricionales y una alta demanda de recursos. Para aplicaciones industriales, es esencial optimizar dichas técnicas. Asimismo, se debe documentar su impacto en la calidad del producto final (Carvajal-Larenas et al., 2016).

1.1.3.3. Propiedades tecnológicas y beneficios funcionales.

Desde una perspectiva tecnológica, el chocho exhibe propiedades funcionales destacables. Sobresalen su capacidad de retención de agua, formación de espuma, emulsificación y gelificación. Estas cualidades derivan principalmente de sus proteínas globulinas: legumina y vicilina (Gunsha, 2020). Dichos compuestos estabilizan las emulsiones y definen la estructura de los productos semisólidos. Por ello, resultan ideales para la formulación de bebidas fermentadas y análogos de yogur.

El perfil lipídico del *Lupinus mutabilis* representa otra ventaja tecnológica. El grano posee una alta proporción de ácidos grasos mono y poliinsaturados, entre los que destacan el oleico y el linoleico. Estos compuestos aportan beneficios metabólicos significativos al consumidor. Por otra parte, su contenido de fibra soluble incrementa la viscosidad en formulaciones líquidas. Esta característica reduce la sinéresis y optimiza la estabilidad física y la aceptación sensorial del producto final (Chalampunte-Flores et al., 2021).

El chocho ofrece beneficios funcionales relevantes gracias a su contenido de compuestos bioactivos. Entre ellos destacan las isoflavonas, fitoesteroles, tocoferoles y péptidos antioxidantes. Dichos elementos actúan en la prevención de enfermedades metabólicas. Asimismo, regulan los lípidos plasmáticos y reducen el estrés oxidativo. Estas propiedades le confieren un alto valor nutracéutico. Por ello, el chocho se posiciona como una materia prima clave para el desarrollo de alimentos funcionales de base vegetal (Beltrán Balarezo et al., 2023).

En síntesis, el chocho ha sido valorado históricamente en la gastronomía de diversos países. Sin embargo, su consumo ha disminuido a lo largo de las generaciones. Esta tendencia conlleva el desaprovechamiento de sus ventajas nutricionales (Meneses Quelal & Pulles, 2025). Actualmente, esta leguminosa emerge como una alternativa idónea para sustituir la leche en productos fermentados. Su viabilidad se sustenta en su alto perfil nutricional (ver Tabla 1). Adicionalmente, posee propiedades funcionales que facilitan la gelificación. Estas características resultan fundamentales para optimizar la textura y estabilidad del producto final (Duque & Mejía, 2024).

1.1.4. Penco negro (*Agave americana*)

El término penco negro hace referencia a una variedad local de *Agave americana*. Esta planta monocárpica pertenece a la familia Asparagaceae. Su origen se sitúa en México y el suroeste de Estados Unidos. No obstante, su distribución actual abarca regiones andinas de Colombia, Ecuador y Perú. Morfológicamente, la especie se distingue por sus hojas gruesas de tonalidad verde azulado oscuro. Además, destaca por la buena calidad de sus fibras (Enríquez Estrella et al., 2024).

Desde la ciencia de los alimentos, el *Agave americana* destaca por su versatilidad. Tradicionalmente, sus hojas y jugos se utilizan en bebidas y preparados medicinales. En el ámbito tecnológico, su fibra (cabuya) presenta propiedades mecánicas y de absorción. Estas características la hacen apta para diversas aplicaciones industriales, como aislantes y textiles (Mehrez et al., 2023). No obstante, su valor nutricional reside en la savia. Este recurso permite la obtención de jarabes y azúcares. Además, contiene fructanos (inulina), los cuales actúan como carbohidratos fermentables con potencial prebiótico (Álvarez-Chavez et al., 2021).

El *Agave americana* recibe diversas denominaciones vernáculas, tales como cabuyo, penco negro, chahua, penco azul, tsawar mishki. En años recientes, el interés científico por esta especie ha crecido. Esto se debe a su potencial para la extracción de fibra resistente y a su alto contenido de fructanos prebióticos (De La Torre et al., 2018).

Estudios estructurales indican que dichos fructanos presentan grados de polimerización de 6 a 50. Esta característica química le otorga resistencia a la digestión humana. En consecuencia, favorecen la fermentación por bacterias intestinales benéficas, como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* (Davis, 2022).

1.1.5. Jarabe de agave

El jarabe de agave se posiciona como una alternativa de edulcorante natural. Su obtención proviene de las reservas de carbohidratos del *Agave americana*. Esta especie acumula polisacáridos, principalmente inulina y fructanos, en su núcleo. Mediante procesos de extracción, hidrólisis y concentración, estos compuestos se transforman en un líquido viscoso y dulce. El producto final se comercializa bajo la denominación de sirope o jarabe de agave (Saraiva et al., 2022).

En contraste con la sacarosa convencional, el jarabe de agave presenta un perfil nutricional destacado. Su principal ventaja radica en un índice glucémico inferior, propiedad atribuida a su concentración de fructooligosacáridos. Esta composición favorece tanto el control glucémico como la salud intestinal. Por consiguiente, constituye una alternativa de interés para personas con diabetes o para quienes mantienen un régimen alimenticio equilibrado (Ramos et al., 2025).

1.1.5.1. Parámetros fisicoquímicos

Tabla 4.

Parámetros fisicoquímicos del jarabe de agave (*Agave americana*).

Parámetro	Rango	Unidad
Brix	70-76	° Brix
Humedad	20-28	%

pH	3.2-6.7	-
Acidez total	0.1-0.3	% ácido cítrico
Cenizas	0.3-0.5	%
Densidad	1.34-1.38	g/ml

Nota: Estos datos fueron extraídos de las investigaciones de (Saraiva et al., 2022; Cerón Zamora, 2022; Ozuna & Franco-Robles, 2022).

1.1.5.2. Composición nutricional y características fisicoquímicas

Tabla 5.

Parámetros nutricionales del jarabe de agave (Agave americana).

COMPONENTE	Azúcar clásica	Sirope de agave	Unidad base
Energía	387-406	310	Kcal/ 100g
Carbohidratos totales	100	75-76	g/ 100g
Azúcares simples	99.8	68-70	g/ 100g
Sacarosa	99.7	1-3	g/ 100g
Fructosa	0	70-80	g/100g
Glucosa	0	10-15	g/100g
Proteínas	0.0	0.1	g/100g
Grasas totales	0.0	0.1-0.5	g/100g
Fibra dietética	0	0.2-0.5	g/ 100g
Sodio	1-2	2-4	mg/100g
Índice glucémico	Alto ($\approx$ 65)	Bajo (10-27)	----

Nota. Estos datos fueron adaptados de (Lignia, 2014; Bautista, 2019).

1.1.5.3. Beneficios del jarabe de agave (*Agave americana*) como edulcorante.

Según **Durán A. et al. (2012)** un edulcorante se define como cualquier sustancia, natural o sintética, que confiere sabor dulce a los alimentos. Su función principal consiste en sustituir parcial o totalmente al azúcar común (sacarosa). Estos compuestos se clasifican en dos grandes grupos.

Por un lado, existen los edulcorantes naturales o nutritivos, como la miel y los jarabes. Estos aportan energía debido a su contenido de azúcares simples. Por otro lado, se encuentran los sintéticos o no nutritivos, tales como la sucralosa o el aspartamo. Su uso permite endulzar sin aportar calorías significativas ni provocar elevaciones bruscas de glucosa (**Lerma Celada et al., 2024**).

El jarabe de agave ha generado un interés creciente en la industria alimentaria como edulcorante natural alternativo. Según (**Cerón Zamora, 2022**) su ventaja principal radica en un bajo índice glucémico y un alto contenido de fructooligosacáridos frente a la sacarosa, aunque no exime su consumo moderado. En el desarrollo de análogos de yogur, este ingrediente actúa como una fuente de carbono eficiente. Además, aporta beneficios tecnológicos significativos, tales como la mejora del perfil sensorial, la textura y la estabilidad. **Trejo (2022)** destaca que el agave favorece el crecimiento de las bacterias ácido-lácticas, aspecto vital para asegurar una fermentación exitosa.

El jarabe de agave deriva de la transformación de los fructanos. Estos compuestos constituyen la principal reserva de carbohidratos de la planta y se denominan técnicamente agavinas. A dichas moléculas se les atribuyen propiedades prebióticas significativas. Según **Ozuna & Franco-Robles (2022)** las agavinas estimulan el crecimiento de bacterias benéficas y favorecen la salud intestinal. Asimismo, contribuyen a la absorción de minerales y modulan positivamente el metabolismo lipídico.

No obstante, el uso de jarabe de agave conlleva consideraciones críticas. Si bien su bajo índice glucémico es favorable, su alto contenido de fructosa implica riesgos metabólicos ante un consumo excesivo (**Saraiva et al., 2022**). Esto ocurre porque la fructosa se metaboliza principalmente en el hígado. Una ingesta elevada estimula la lipogénesis, la resistencia a la insulina y la acumulación de triglicéridos. Por otro lado, **Cerón Zamora (2022)** advierte sobre la calidad del producto comercial. Un procesamiento industrial intenso puede reducir significativamente sus beneficios funcionales originales.

1.1.6. Bebidas no lácteas fermentadas

Los productos denominados comercialmente yogures veganos son alimentos fermentados elaborados a partir de matrices vegetales. Estas bases incluyen soya, almendra, avena, coco y arroz, las cuales sustituyen a la leche de origen animal (**Markiewicz, 2024**). Para su producción, se emplean cultivos iniciadores específicos, tales como *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus* o *Lactobacillus bulgaricus*. Estos microorganismos deben poseer la capacidad de fermentar el sustrato vegetal. El resultado es una bebida viscosa, con acidez característica y propiedades probióticas (**Vives, 2025**).

1.1.6.1. Beneficios de bebidas fermentadas no lácteas

La sustitución de productos lácteos por alternativas vegetales ofrece beneficios analizados desde tres dimensiones. En el ámbito tecnológico, el uso de bacterias probióticas adaptadas permite obtener texturas y perfiles sensoriales adecuados. Además, la fermentación genera compuestos bioactivos con propiedades funcionales **(Markiewicz, 2024)**.

Desde la perspectiva nutricional, estas bebidas aportan fibra y fitoquímicos. Al carecer totalmente de lactosa y proteínas lácteas, resultan aptas para consumidores con intolerancias o alergias **(Ramírez, 2019)**. Finalmente, en el contexto ambiental, **Ramírez et al. (2021)**; **Moreno-Miranda & Dries (2022)** destacan su sostenibilidad. La huella hídrica y de gases de efecto invernadero de los productos vegetales es inferior a la de los lácteos. Asimismo, esta producción se alinea con principios éticos de respeto a la vida animal, además de mejorar estrategias de sostenibilidad.

Resulta fundamental distinguir entre la intolerancia a la lactosa y la alergia a las proteínas de la leche de vaca (APLV). La primera implica una incapacidad para digerir la lactosa debido a un déficit enzimático de lactasa. En contraste, la APLV constituye una respuesta inmunológica ante proteínas como la caseína o β -lactoglobulina. El déficit de lactasa es frecuente en la población adulta y genera síntomas gastrointestinales, tales como distensión, dolor y diarrea. Por su parte, la APLV exige la exclusión total de productos lácteos. En consecuencia, estas dietas de eliminación requieren un monitoreo estricto de la ingesta proteica, así como del calcio y vitaminas D y B12 **(Domínguez et al., 2019)**.

Adicionalmente, la fermentación mejora la digestibilidad del *Lupinus mutabilis*. Este proceso reduce los factores antinutricionales y enriquece la matriz con probióticos y metabolitos activos. En resumen, los productos vegetales fermentados poseen un alto potencial técnico y comercial. Permiten atender necesidades de salud relacionadas con intolerancias, alergias e hipercolesterolemia. No obstante, su desarrollo requiere una formulación rigurosa y, eventualmente, fortificación. Estas medidas garantizan que la sustitución de lácteos no comprometa el estado nutricional del consumidor **(Farzaneh et al., 2023)**.

1.1.6.2. Retos nutricionales y tecnológicos

Las bebidas fermentadas no lácteas representan una alternativa funcional prometedora. Sin embargo, su desarrollo enfrenta desafíos nutricionales significativos **(Hidalgo-Fuentes et al., 2024)**. Las principales limitaciones incluyen un perfil incompleto de aminoácidos esenciales y una baja biodisponibilidad de minerales como calcio, hierro y zinc. Asimismo, suelen carecer de vitaminas B12 y D, típicas de los lácteos. Por ello, la formulación requiere fortificación o el uso de mezclas proteicas de legumbres y cereales. Adicionalmente, los antinutrientes (fitatos y taninos) pueden reducir la absorción de nutrientes. No obstante, técnicas como la fermentación, la germinación y el tratamiento térmico permiten mitigar este problema **(Xie et al., 2023)**.

En el ámbito tecnológico, el desarrollo de alternativas vegetales fermentadas enfrenta desafíos significativos. El objetivo principal consiste en replicar las características sensoriales y funcionales de los lácteos tradicionales. No obstante, la estructura de las matrices vegetales difiere de la leche. Esto dificulta la obtención de una textura cremosa y una viscosidad adecuada. También compromete la estabilidad física, favoreciendo la separación de fases. Por otro lado, la selección de cepas microbianas resulta crítica. Las bacterias lácticas tradicionales no siempre fermentan eficientemente los carbohidratos complejos presentes en legumbres y cereales (Sanne et al., 2021).

Para superar estos desafíos, la investigación actual prioriza la optimización de procesos y la incorporación de ingredientes funcionales. Resulta crucial controlar parámetros técnicos como el pH, la sinéresis, la vida útil y la estabilidad microbiológica durante el almacenamiento. Entre las estrategias más frecuentes destacan el uso de cultivos iniciadores específicos y la adición de texturizantes, como hidrocoloides, inulina o fibras solubles. También se combina la fermentación con tratamientos de pasteurización. Estas medidas tienen como objetivo preservar la calidad, textura y valor nutricional del producto. Finalmente, desde una perspectiva de mercado, es necesario evitar la percepción de alimento ultraprocesado. Esto implica minimizar el uso excesivo de aditivos en la formulación (Saravia et al., 2025).

1.1.7. Microorganismos probióticos

Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, al administrarse en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud del huésped. Su mecanismo de acción principal implica la modulación del microbiota intestinal y la inhibición de organismos patógenos. Además, estos microorganismos intervienen en la síntesis de vitaminas y la generación de metabolitos bioactivos (Swanson et al., 2020).

El género *Lactobacillus* agrupa especies ampliamente utilizadas en fermentaciones alimentarias. Estos microorganismos son esenciales debido a su producción de ácido láctico. Este metabolito reduce el pH y mejora significativamente la conservación de los alimentos. Además, sintetizan péptidos bioactivos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Diversas cepas han demostrado beneficios sobre la salud gastrointestinal, la respuesta inmunológica y la absorción de nutrientes. Finalmente, su capacidad para fermentar carbohidratos de origen vegetal las convierte en cultivos idóneos para el desarrollo de bebidas no lácteas (Kullar et al., 2023).

Streptococcus thermophilus es una bacteria láctica empleada tradicionalmente en la industria del yogur. Su función primordial consiste en acidificar el medio y mejorar la textura del producto. Este microorganismo actúa en simbiosis con cepas como *Lactobacillus delbrueckii*. Dicha interacción favorece la síntesis de ácidos orgánicos y compuestos aromáticos clave. La especie posee el estatus de Generalmente Reconocido como Seguro y ciertas cepas exhiben potencial probiótico. Recientemente, su aplicación se ha extendido a la fermentación de matrices vegetales (Kapse et al., 2024).

La fermentación enriquece el producto con microorganismos viables y transforma la matriz alimentaria. Este proceso biológico reduce los compuestos antinutricionales e incrementa la biodisponibilidad de nutrientes. Además, genera metabolitos bioactivos, tales como péptidos y ácidos orgánicos. Dichos compuestos regulan la composición del microbiota intestinal. Asimismo, influyen en las vías fisiológicas relacionadas con la inflamación y el metabolismo general (Suchiva et al., 2021).

1.1.7.1. Beneficios del consumo de probióticos

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatizan la relevancia de incorporar microorganismos probióticos en la dieta. Conforme a sus directrices, para que un producto ostente esta denominación, debe contener una concentración mínima de $1 \cdot 10^6$ a $1 \cdot 10^7$ UFC/g (o mL). Esta carga microbiana debe garantizarse viable hasta el término de la vida útil del alimento (FAO & WHO, 2018).

1.1.8. Normativas nacionales e internacionales aplicables.

El marco regulatorio de las bebidas vegetales fermentadas presenta un contexto específico. En Ecuador, la NTE INEN 2395:2011 y el Codex Alimentarius (normas STAN 243-2003 y CXS 206-1999) rigen exclusivamente para las leches fermentadas de origen animal. Por consiguiente, los productos de base vegetal están impedidos de utilizar la denominación comercial de 'yogur'. Para su identificación, se deben emplear descriptores como 'bebida vegetal fermentada'. Adicionalmente, para su comercialización legal, estos productos deben cumplir con la normativa de rotulado (NTE INEN 1334-1 y 1334-2) y obtener la Notificación Sanitaria emitida por la ARCSA.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar una bebida fermentada alternativa al yogur a base de chocho (*Lupinus mutabilis*), endulzado con jarabe de agave (*Agave americana*).

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la aceptabilidad sensorial de seis prototipos de una bebida fermentada a base de chocho utilizando tres concentraciones distintas de jarabe de agave como edulcorante.
- Analizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del mejor tratamiento sensorial.
- Evaluar la vida de anaquel del mejor tratamiento sensorial mediante un análisis de estabilidad acelerado.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1. Materiales

La fase experimental se llevó a cabo en los laboratorios 2.2, 3.1, 4.1 y 4.2, así como en la planta piloto. Asimismo, se hizo uso del Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) y de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo (UODIDE). Todas estas instalaciones pertenecen a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Finalmente, los materiales, reactivos y equipos utilizados se detallan en la **Tablas 25 a la 28**.

2.2. Metodología

2.2.1. Evaluar la aceptabilidad sensorial de seis prototipos de una bebida fermentada a base de chocho utilizando tres concentraciones distintas de jarabe de agave como edulcorante.

2.2.1.1. Diseño experimental

En la presente investigación se aplicó un diseño factorial de $A \times B$, con un arreglo de 3×2 . Se evaluaron dos variables independientes. El Factor A correspondió a la concentración de jarabe de agave, con tres niveles: 10 %, 20 % y 30 %. Por su parte, el Factor B fue el porcentaje de cultivo iniciador, establecido en dos niveles: 3 % y 6 %.

Tabla 6.

Diseño factorial $A \times B$.

Tratamiento	Jarabe de Agave (A) %	Cultivo iniciador (B) %	Código
T1	10%	3%	A1B3
T2	20%	3%	A2B3
T3	30%	3%	A3B3
T4	10%	6%	A1B6
T5	20%	6%	A2B6
T6	30%	6%	A3B6

Nota. La siguiente tabla representa la variación de los dos factores.

2.2.1.2. Preparación de la bebida vegana fermentada

El proceso inició con la recepción del chocho cocinado, adquirido en el Mercado Mayorista de Latacunga. Tras su limpieza y selección, el grano se trituró en una relación 1:2 con agua, se filtró y estandarizó con CMC. Posteriormente, la mezcla fue pasteurizada (85°C, 3 min) y enfriada a 45°C para la inoculación (3 % y 6 %). La fermentación se realizó a 43°C durante 24 horas. Luego de madurar 12 horas a 4°C, se incorporó el jarabe de agave (10 %, 20 %, 30 %) y la pulpa de frutos rojos para tener una muestra similar a la comercial mediante homogeneización. Finalmente, la bebida se envasó en recipientes PEAD y se almacenó en refrigeración.

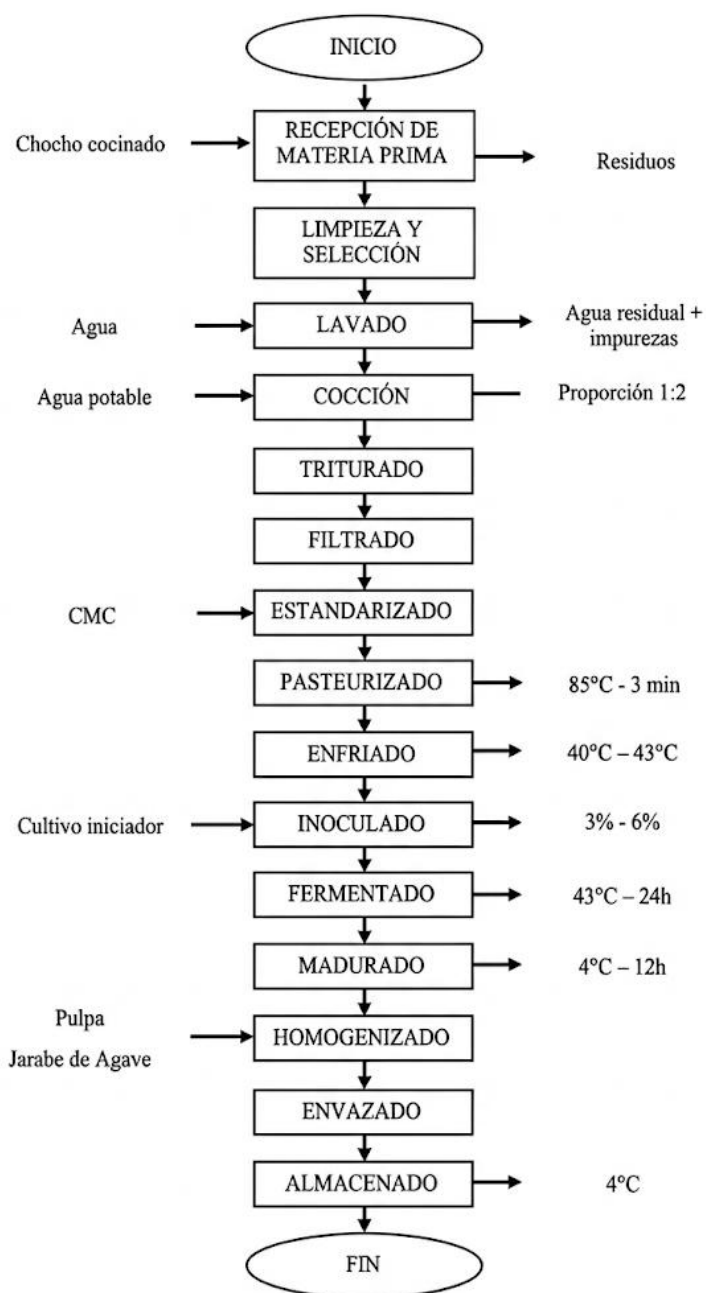


Figura 1. Proceso de elaboración de la bebida fermentada de chocho.

2.2.1.3. Evaluación sensorial

Para el análisis sensorial se conformó un panel de 30 jueces, integrado por estudiantes de sexto semestre de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. La selección se basó en su experiencia previa a bebidas fermentadas. El tamaño de la muestra se sustentó por **Parada O. et al. (2021)**, quienes indican que este número asegura la obtención de datos confiables y representativos.

El análisis sensorial se efectuó de acuerdo con la norma ISO 4121:2003, la cual establece los lineamientos para el uso de escalas hedónicas. Por su parte, la ficha de evaluación se diseñó según la norma ISO 5492:2008. Esta referencia definió la terminología aplicada a los atributos organolépticos y al perfil sensorial descriptivo.

Los tratamientos y el control comercial se presentaron codificados aleatoriamente, a una temperatura de 10 a 12 °C. Se suministró agua purificada como agente de enjuague para minimizar la fatiga sensorial y eliminar sabores residuales. Inicialmente, se evaluó la aceptabilidad de los atributos: color, olor, sabor y textura. Posteriormente, se realizó un análisis descriptivo que abarcó aspectos visuales (color característico, brillo), olfativos (aromas lácteo, afrutado, ácido), gustativos (sabores ácido, dulce, lácteo, afrutado, amargo) y texturales (viscosidad, cremosidad), además de la aceptabilidad general.

2.2.1.4. Análisis estadístico

Los datos de la evaluación sensorial se analizaron mediante métodos estadísticos no paramétricos. En primera instancia se aplicó la prueba de Friedman para muestras relacionadas. Se determinó la existencia de diferencias significativas entre tratamientos en parámetros de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad. Posteriormente se evaluó las diferencias identificadas entre pares de tratamientos mediante la prueba de Wilcoxon. Estos análisis estadísticos se realizaron con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$), equivalente a un nivel de confianza del 95% utilizando el software IBM SPSS Statistics.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de perfil descriptivo comparativo utilizando una escala estructurada de 5 puntos para medir la intensidad de los atributos previamente detallados. La visualización de los resultados se efectuó mediante gráficos radiales (gráficas de telaraña), lo cual facilitó el contraste integral de las características entre las formulaciones y el producto comercial.

2.2.2. Analizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del mejor tratamiento sensorial.

2.2.2.1. Análisis fisicoquímicos

El tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial se sometió a una caracterización fisicoquímica en los laboratorios de la Facultad. Se evaluaron los parámetros de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable, densidad, viscosidad y sinéresis. Cada ensayo se realizó por duplicado.

2.2.2.1.1. Determinación del contenido de sólidos solubles

Se colocaron tres gotas de la muestra sobre el prisma del refractómetro. Tras estabilizarse la lectura, se registró el valor en grados Brix (°Brix). El procedimiento se ejecutó de acuerdo con el método refractométrico y la normativa especificada en la **Tabla 7**.

2.2.2.1.2. Determinación de pH

Se midieron 15 mL de la bebida fermentada y se colocaron en un vaso de precipitación de 50 mL. A continuación, se sumergió el electrodo del potenciómetro en la muestra hasta lograr la estabilización de la lectura. Este análisis se efectuó conforme a la metodología citada en la **Tabla 7**.

2.2.2.1.3. Determinación de acidez titulable

Se midieron 10 mL de la muestra y se transfirieron a un matraz Erlenmeyer. A continuación, se adicionaron tres gotas de fenolftaleína como indicador. Se procedió a titular con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) hasta observar el viraje a un color rosa pálido, correspondiente a un pH de 8.2. El ensayo se basó en los métodos AOAC 947.05 y NTE INEN 2395. Finalmente, el porcentaje de acidez se calculó mediante la **Ecuación 1**.

Ecuación 1. Porcentaje de acidez titulable.

$$Acidez = \frac{V * N * eq}{M * 1000} * 100 \quad (1)$$

V: Volumen de la solución (0.1N)

N: Concentración del NaOH

Eq: Equivalente del ácido láctico (90.08)

M: Volumen de la muestra (ml)

2.2.2.1.4. Determinación de la densidad

La medición se realizó mediante el método gravimétrico, siguiendo los protocolos de la AOAC 925.22 y la NTE INEN 11. Se empleó un picnómetro limpio y seco, el cual se pesó inicialmente en una balanza analítica. Para determinar el volumen del recipiente, se llenó con agua destilada y se registró su masa. Posteriormente, tras secar el instrumento, se procedió a llenarlo con la bebida fermentada para obtener la masa de la muestra. El cálculo final se efectuó mediante la **Ecuación 2**.

Ecuación 2. Densidad

$$\rho = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} * \rho_{H_2O} \quad (2)$$

m_0 : masa del picnómetro vacío

m_1 : masa del picnómetro con agua

m_2 : masa del picnómetro con la muestra

ρ_{H_2O} = densidad del agua

2.2.2.1.5. Determinación de Viscosidad

Esta propiedad se evaluó mediante un viscosímetro rotacional tipo Brookfield. La muestra se depositó en el recipiente de medición hasta alcanzar el nivel indicado por el fabricante. Para el análisis, se emplearon los husillos (spindles) N.º 2 y N.º 3, seleccionados por su idoneidad para el rango de viscosidad esperado. La velocidad de rotación se ajustó a 30 rpm. Finalmente, tras la estabilización del equipo, se registró el valor en centipoise (cP).

2.2.2.1.6. Determinación de Sinéresis

Se depositaron 10 mL de muestra homogeneizada en tubos de centrifuga graduados. Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. Tras el proceso, se separó y midió el volumen del sobrenadante expulsado. Finalmente, el índice de sinéresis se calculó como un porcentaje respecto al volumen inicial, utilizando la **Ecuación 3**.

Ecuación 3. Porcentaje de sinéresis.

$$\text{Sinéresis} = \frac{V_1}{V_0} * 100 \quad (3)$$

V_1 = Volumen del sobrenadante

V_0 = Volumen inicial de la muestra

Tabla 7

Métodos aplicados en los análisis físicoquímicos.

Parámetro	Método Utilizado
Brix	ISO 2173:2003
pH	AOAC 981.12 / NTE INEN 2395
Acidez	AOAC 947.05 / NTE INEN 2395

Densidad	AOAC925.22. Ed. 22, 2023 / INEN 11
Viscosidad	ISO 3219:1993
Sinéresis	IDF 129 / FIL 198

Nota: En la siguiente tabla se puede observar los métodos empleados para la elaboración de los análisis físicoquímicos.

2.2.2.2. Análisis nutricionales

La formulación con mayor aceptabilidad sensorial se sometió a un análisis bromatológico completo. Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL). Se determinaron los siguientes parámetros: cenizas, proteína total, sólidos totales, grasa, fibra dietética total y carbohidratos. Asimismo, se calculó el valor energético de la bebida.

2.2.2.2.1. *Proteína método Kjeldahl*

La cuantificación de proteína total se efectuó mediante el método Kjeldahl. Se pesó 1 g de muestra en un tubo de digestión y se adicionó ácido sulfúrico H_2SO_4 junto con una mezcla catalizadora (sulfato de potasio y selenio o sulfato de cobre). La mezcla se sometió a calentamiento hasta lograr la mineralización completa de la materia orgánica. Posteriormente, el digestado se alcalinizó con hidróxido de sodio (NaOH) para liberar el amoníaco durante la destilación. El destilado se recogió en una solución de ácido bórico al 4 % con indicador mixto. Finalmente, se realizó la valoración con ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N. El cálculo del porcentaje de proteína se realizó mediante las **Ecuaciones 4 y 5**.

Ecuación 4. Porcentaje de nitrógeno.

$$(\%)N = \left(\frac{(V_m - V_b) * NHCl * 14.007}{mg \text{ muestra}} \right) * 100 \quad (4)$$

V_m : Volumen de HCl gastado en la muestra

V_b : Volumen de HCl gastado en el blanco

N: Normalidad de HCl

14.007: factor de conversión ácido-base

Ecuación 5. Porcentaje de proteína.

$$\text{Proteína} = N * F \quad (5)$$

N: Porcentaje de nitrógeno total

D: Factor de conversión (6.25).

2.2.2.2.2. *Grasa método Gravimétrico*

Se pesaron 3 g de muestra y se transfirieron a un cartucho de celulosa poroso. Este se insertó en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Como solvente, se utilizó hexano. El proceso de extracción se mantuvo durante 60 a 90 minutos. Finalizada esta etapa, se evaporó el solvente y el matraz receptor se secó en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante. El porcentaje de grasa se calculó mediante la **Ecuación 6**.

Ecuación 6. Porcentaje de grasa total.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{m_f - m_i}{m_{\text{muestra}}} * 100 \quad (6)$$

m_f : Masa del matraz con el extracto graso

m_i : Masa del matraz vacío

m_{muestra} : Masa de la muestra

2.2.2.2.3. *Fibra dietética total método Gravimétrico-Enzimático*

Se pesó 1 g de muestra desengrasada y se transfirió a un vaso con 40 mL de buffer fosfato (pH 6.0). Se inició la digestión enzimática añadiendo α -amilasa termoestable; la mezcla se gelatinizó a baño hirviente de 95-100 °C durante 30 min con agitación constante. Tras enfriar, se ajustó el pH a 7.5, se incorporó la enzima proteasa y se incubó a 60 °C por 30 min. Posteriormente, se ajustó el pH de 4 a 4.6 y se añadió amiloglucosidasa, manteniendo las condiciones de temperatura y tiempo anteriores. El residuo resultante se filtró a través de un crisol de vidrio sinterizado. Se procedió al lavado con etanol al 78 %, etanol al 95 % y acetona. Finalmente, el crisol se secó en estufa a 105 °C y se aplicó la **Ecuación 7**.

Ecuación 7. Porcentaje de Fibra dietética total.

$$\% \text{ FDT} = \frac{\text{Residuo} - P - A - B}{m_{\text{muestra}}} * 100 \quad (7)$$

Residuo: peso final del residuo seco

P: Proteína del residuo

A: ceniza del residuo

B: Corrección del blanco

$m_{muestra}$: peso de la porción

2.2.2.2.4. *Sólidos totales método Gravimétrico*

Se pesaron 5 g de la bebida en una cápsula de aluminio, previamente secada y tarada. La muestra se sometió a secado en una estufa a 105 °C durante 3 horas, hasta alcanzar peso constante. Tras este periodo, la cápsula se enfrió en un desecador por 20 minutos y se registró su peso final. El cálculo correspondiente se realizó mediante la **Ecuación 8**.

Ecuación 8. Porcentaje de sólidos totales.

$$\% \text{ Sólidos totales} = \frac{(m_f - m_o)}{m_{muestra}} * 100 \quad (8)$$

m_f : Peso del residuo secado

m_o : Peso de la cápsula vacía

$m_{muestra}$: Peso de la muestra (mL)

2.2.2.2.5. *Cenizas método Gravimétrico*

Se pesaron 5 g de muestra en un crisol de porcelana. Posteriormente, se procedió a la incineración en una mufla a 550 °C. La muestra permaneció en el equipo hasta obtener cenizas de color blanco grisáceo y alcanzar peso constante. El porcentaje de cenizas se calculó mediante la **Ecuación 9**.

Ecuación 9. Porcentaje de cenizas.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(m_f - m_o)}{m_{muestra}} * 100 \quad (9)$$

m_f : Peso del crisol + cenizas

m_o : Peso de la cápsula vacía

$m_{muestra}$: Peso de la muestra (mL)

2.2.2.2.6. *Carbohidratos Cálculo*

El contenido de carbohidratos se determinó mediante el método de cálculo por diferencia. Este valor se obtuvo restando a 100 los porcentajes de humedad, proteína, grasa y cenizas previamente cuantificados. El cálculo final se realizó aplicando la **Ecuación 10**.

Ecuación 10. Porcentaje de carbohidratos.

$$\%Carbohidratos = 100 - (\% Proteína + \% Grasa + \% Fibra + \% Cenizas + \% Humedad) \quad (10)$$

2.2.2.2.7. *Energía Cálculo*

El valor energético de la bebida se calculó utilizando los factores generales del sistema Atwater. Se aplicaron los coeficientes de conversión de 4 kcal/g para proteínas y carbohidratos, y 9 kcal/g para grasas. El resultado final se obtuvo en (Kcal/100g) mediante la **Ecuación 11**.

Ecuación 11. Energía total

$$Energía = (4 * \%Proteína) + (9 * \%Grasa) + (4 * \% Carbohidratos) \quad (11)$$

Tabla 8.

Métodos aplicados para los parámetros nutricionales.

Parámetro	Métodos utilizados
Proteína	AOAC 991.2. Ed. 22, 2023
Grasa	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06
Fibra dietética total	AOAC 985.29. Ed. 22,2023
Sólidos totales	AOAC Ed. 22, 2023 927.05
Cenizas	AOAC Ed. 22, 2023 939.30
Carbohidratos	Cálculo
Energía	Cálculo

Nota: Los siguientes métodos fueron aplicados por el laboratorio certificado LACONAL.

2.2.2.3. Análisis Microbiológicos

La evaluación microbiológica del tratamiento seleccionado se ejecutó conforme a los lineamientos de la norma NTE INEN 2395:2011. Este análisis abarcó la determinación de coliformes totales,

Escherichia coli, mohos, levaduras y bacterias probióticas. Asimismo, se evaluaron aerobios mesófilos, enterobacterias y *Salmonella spp.*, siguiendo los criterios referenciados en la **Tabla 9**. Todos los ensayos se realizaron mediante el método de siembra en placa por duplicado. Finalmente, para el cálculo de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC), se aplicó la **Ecuación 12**.

Ecuación 12. Unidades formadoras de Colonia.

$$\frac{UFC}{ml} = \frac{N * FD * V_t}{V_i * S} \quad (12)$$

N : Número de colonias

FD : Factor de dilución

V_t : Volumen total

V_i : Volumen inoculado

S : ml de muestra

2.2.2.3.1. Recuento de bacterias ácido-lácticas

Para la cuantificación de probióticos, se realizaron diluciones seriadas (desde 10^{-1} hasta 10^{-4}) empleando agua peptonada estéril. La inoculación se efectuó mediante el método de siembra en superficie sobre el agar MRS. Posteriormente, las placas se incubaron a 37 °C durante 48 horas. Se verificó el cumplimiento con el requisito mínimo de 10^7 UFC/mL, valor de referencia establecido por la FAO/OMS y la normativa NTE INEN 2395:2011. Finalmente, los resultados se expresaron aplicando la **Ecuación 12**.

2.2.2.3.2. Recuento de Coliformes totales.

Para este análisis se empleó el cultivo Agar Chromocult®. Se sembraron diluciones de 10^{-1} y 10^{-2} mediante el método de siembra en superficie. Las placas se dejaron absorber y se incubaron a 37 °C por 24 horas. El recuento se basó identificando colonias características (roja o salmón). Finalmente, los resultados se expresaron en UFC/mL, aplicando los criterios de la **Tabla 9** y la **Ecuación 12**.

2.2.2.3.3. Recuento de Escherichia coli.

Para este análisis se empleó Agar MacConkey. Se inocularon diluciones de 10^{-1} y 10^{-2} mediante la técnica de siembra en superficie. Las placas se incubaron a 45°C por 24h. Finalmente los resultados se expresaron conforme a lo estipulado en la **Tabla 9** y la **Ecuación 12**.

2.2.2.3.4. Recuento de Mohos y Levaduras

Para este recuento, se prepararon diluciones seriadas de 10^{-1} hasta 10^{-3} . Se inocularon 0.1 mL de cada dilución en superficie de placas con agar PDA. Posteriormente, las placas se incubaron a 25 °C durante 5 días. Los resultados se expresaron conforme a la **Tabla 9** y la **Ecuación 12**.

2.2.2.3.5. *Recuento de Aerobios mesófilos*

Se realizaron diluciones seriadas hasta 10^{-4} . De la dilución 10^{-2} y 10^{-4} se inoculó 1 mL en placas estériles mediante siembra en profundidad. A continuación, se agregó agar PCA fundido y atemperado a 45 °C, se homogenizó y se dejó solidificar. Las placas se incubaron a 30 °C durante 72 horas. El registro de datos se realizó según la **Tabla 9** y la **Ecuación 12**.

2.2.2.3.6. *Recuento de Enterobacterias*

Para el análisis, se realizaron diluciones hasta 10^{-2} . Se transfirió 1 mL de la disolución sobre placas con agar VRBG mediante siembra en superficie. Una vez absorbida la muestra, se añadió una segunda capa de agar VRBG fundido a 45 °C. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Los datos se registraron de acuerdo con la **Tabla 9** y la **Ecuación 12**.

2.2.2.3.7. *Recuento de Salmonella spp.*

Se homogenizó 25 mL de muestra y se colocaron en 225 mL de agua peptonada bufferada, y se incubó a 37 °C durante 24 horas. Luego, se transfirieron alícuotas al caldo selectivo Rappaport-Vassiliadis (RVS) y se incubó a 40 °C por 24 horas. Finalmente, se realizó la siembra en placas de agar Salmonella-Shigella (SS) con incubación a 37 °C por 24 horas. El reporte de resultados se basó en la **Tabla 9** y la **Ecuación 12**.

Tabla 9.

Métodos para el análisis microbiológico.

Análisis	Método empleado	Normativa
Probióticos	Recuento en placa MRS	NTE INEN 2395:2011
Coliformes totales	Recuento en placa Agar Chromocult®	ISO 4832:2006
Escherichia coli	Recuento y confirmación. MacConkey	ISP 16649-2:2001
Mohos y levaduras	Recuento en placa. Agar PDA	ISO21527-2:2008
Aerobios mesófilos	Recuento en placa. PCA	ISO 4833-1_2013

Nota: Se detallan las metodologías aplicadas para la determinación de la carga microbiana, así como las normas nacionales e internacionales de referencia.

2.2.3. Evaluar la vida de anaquel del mejor tratamiento sensorial mediante un análisis de estabilidad acelerado.

Se elaboró tres lotes independientes de producto del tratamiento con mejor aceptación sensorial. Las muestras se sometieron a condiciones de vida útil acelerada a 25, 35 y 45 ± 2 °C, durante 16 días. En este periodo se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Finalmente, se modeló la cinética de deterioro mediante la ecuación de Arrhenius.

2.2.3.1. Evaluación fisicoquímica en la vida útil

Para el estudio de vida útil de la bebida vegana fermentada, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de pH y acidez titulable. Los análisis se ejecutaron conforme a los métodos descritos en la **Tabla 7**. El monitoreo se extendió durante 16 días, con mediciones cada dos días, para registrar la evolución de las muestras a lo largo del almacenamiento.

2.2.3.2. Evaluación microbiológica en la vida útil

El recuento de bacterias ácido-lácticas (BAL) se efectuó en agar MRS, siguiendo los lineamientos descritos en **Tabla 9**. Se prepararon diluciones seriadas decimales en solución salina peptonada estéril de 10⁻³ y 10⁻⁴. Posteriormente se inoculó las muestras mediante siembra en superficie. Las placas se incubaron a 37 °C por 48 ± 2 horas. Para la evaluación de la funcionalidad del cultivo, se estableció un umbral de viabilidad probiótica de 10⁷ UFC/mL, conforme a los criterios de la FAO/OMS y la normativa NTE INEN 2395:2011.

2.2.3.3. Estimación de la vida útil (Modelo de Arrhenius)

Para estimar la vida útil del producto, se aplicó el modelo de Arrhenius, el cual describe la dependencia de la velocidad de deterioro respecto a la temperatura. Se monitorearon los parámetros de calidad a 25, 35 y 45 °C durante 20 días. A partir de los datos experimentales, se calcularon las constantes de velocidad (k) para cada temperatura. Posteriormente, se determinó la energía de activación (E_a) graficando el logaritmo natural de la constante (ln k) frente a la inversa de la temperatura absoluta (1/T). Finalmente, se proyectó la vida útil a la temperatura de almacenamiento mediante la **Ecuación 13** o **14**, según el orden de reacción cinética identificado.

Ecuación 13. Modelo cinético orden cero.

$$\ln(k) = \left(\frac{E_a}{R}\right) * \left(\frac{1}{T}\right) + \ln(A) \quad (13)$$

Ecuación 14. Modelo cinético orden uno.

$$k = A * e^{(E_a/R*T)} \quad (14)$$

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluar la aceptabilidad sensorial de seis prototipos de una bebida fermentada a base de chocho utilizando tres concentraciones distintas de jarabe de agave como edulcorante.

3.1.1. Análisis de aceptabilidad

Tabla 10.

Análisis de Friedman y Wilcoxon parámetro Color.

Color				
Sig. Asintónica Prueba Friedman = 0.000014				
Tratamientos	Promedio 1	Promedio 2	Sig. Asintónica	Significancia
T1-T2	3.63 ± 0.76	3.50 ± 0.86	0.396	0.05
T1-T3	3.63 ± 0.76	3.53 ± 0.78	0.417	0.05
T1-T4	3.63 ± 0.76	3.43 ± 0.86	0.253	0.05
T1-T5	3.63 ± 0.76	3.10 ± 0.92	0.029 ^a	0.05
T1-T6	3.63 ± 0.76	3.53 ± 0.73	0.514	0.05
T1-Control	3.63 ± 0.76	2.67 ± 0.88	0.001 ^b	0.05
T2-T3	3.50 ± 0.86	3.53 ± 0.78	0.813	0.05
T2-T4	3.50 ± 0.86	3.43 ± 0.86	0.745	0.05
T2-T5	3.53 ± 0.73	3.10 ± 0.92	0.111	0.05
T2-T6	3.50 ± 0.86	3.53 ± 0.73	0.831	0.05
T2-Control	3.50 ± 0.86	2.67 ± 0.88	0.001 ^c	0.05
T3-T4	3.53 ± 0.78	3.43 ± 0.86	0.544	0.05
T3-T5	3.53 ± 0.78	3.10 ± 0.92	0.044 ^d	0.05
T3-T6	3.53 ± 0.78	3.53 ± 0.73	0.811	0.05

T3-Control	3.53 ± 0.78	2.67 ± 0.88	0.000 ^e	0.05
T4-T5	3.43 ± 0.86	3.10 ± 0.92	0.079	0.05
T4-T6	3.43 ± 0.86	3.53 ± 0.73	0.660	0.05
T4-Control	3.43 ± 0.86	2.67 ± 0.88	0.002 ^f	0.05
T5-T6	3.10 ± 0.92	3.53 ± 0.73	0.034 ^g	0.05
T5-Control	3.10 ± 0.92	2.67 ± 0.88	0.018 ^h	0.05
T6-Control	3.53 ± 0.73	2.67 ± 0.88	0.000 ⁱ	0.05

Nota. Datos extraídos del análisis estadístico de Friedman y Wilcoxon parámetro color.

El análisis de los datos en la **Tabla 10**, mediante la prueba de Friedman, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Esto confirma que la formulación influye en la percepción visual del producto. Las comparaciones múltiples para el parámetro de color destacaron a los tratamientos T1, T3 y T6 con las mejores calificaciones. Estos no presentaron diferencias estadísticas entre sí, lo que indica un color estable, uniforme y sensorialmente aceptado.

Este resultado coincide con lo reportado por **Grasso et al. (2020)**, quienes señalan que una homogenización adecuada y proporciones equilibradas favorecen a las tonalidades claras y consistentes en bebidas vegetales. Por el contrario, la muestra Control registró el promedio más bajo y difirió significativamente de la mayoría, evidenciando un aspecto visual menos atractivo. Asimismo, el tratamiento 5 mostró variabilidad y una apariencia poco uniforme. Su menor aceptación podría atribuirse a una mezcla heterogénea o a interacciones desfavorables entre el chocho con el jarabe de agave y la pulpa, generando opacidad irregular (**Xie et al., 2023**).

Tabla 11.

Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Olor.

Olor				
Sig. Asintónica Prueba Friedman = 0.001				
Tratamientos	Promedio 1	Promedio 2	Sig. Asintónica	Significancia
T1-T2	3.33 ± 0.96	3.80 ± 0.71	0.019 ^a	0.05

T1-T3	3.33 ± 0.96	3.60 ± 0.67	0.168	0.05
T1-T4	3.33 ± 0.96	3.53 ± 0.78	0.283	0.05
T1-T5	3.33 ± 0.96	3.47 ± 0.78	0.524	0.05
T1-T6	3.33 ± 0.96	2.97 ± 1.07	0.114	0.05
T1-Control	3.80 ± 0.71	3.60 ± 0.67	0.463	0.05
T2-T3	3.80 ± 0.71	3.10 ± 0.93	0.180	0.05
T2-T4	3.80 ± 0.71	3.53 ± 0.78	0.114	0.05
T2-T5	3.80 ± 0.71	3.47 ± 0.78	0.072	0.05
T2-T6	3.80 ± 0.71	2.97 ± 1.07	0.001 ^b	0.05
T2-Control	3.80 ± 0.71	3.10 ± 0.93	0.005 ^c	0.05
T3-T4	3.60 ± 0.67	3.53 ± 0.78	0.653	0.05
T3-T5	3.60 ± 0.67	3.47 ± 0.78	0.334	0.05
T3-T6	3.60 ± 0.67	2.97 ± 1.07	0.007 ^d	0.05
T3-Control	3.60 ± 0.67	3.10 ± 0.93	0.017 ^e	0.05
T4-T5	3.53 ± 0.78	3.47 ± 0.78	0.655	0.05
T4-T6	3.53 ± 0.78	2.97 ± 1.07	0.024 ^f	0.05
T4-Control	3.53 ± 0.78	3.10 ± 0.93	0.059	0.05
T5-T6	3.47 ± 0.78	2.97 ± 1.07	0.013 ^g	0.05
T5-Control	3.47 ± 0.78	3.10 ± 0.93	0.049 ^h	0.05
T6-Control	2.97 ± 1.07	3.10 ± 0.93	0.624	0.05

Nota. Datos extraídos del análisis estadístico de Friedman y Wilcoxon parámetro olor.

El análisis de la **Tabla 11** mediante la prueba de Friedman reveló diferencias significativas en el atributo olor, confirmando que la formulación afecta la percepción aromática. Las comparaciones múltiples

destacaron a los tratamientos T2, T3, T4 y T5 con las puntuaciones más altas. Estos no representaron diferencias estadísticas entre sí, lo que sugiere un perfil aromático equilibrado debido a una mejor integración entre el chocho y el jarabe de agave.

Estos hallazgos concuerdan con (Tangyu et al., 2023), quienes describen que las proteínas y carbohidratos en matrices vegetales puede suavizar olores intensos y favorecer notas agradables. En contraste, el tratamiento T6 y el Control obtuvieron las calificaciones más bajas (2.97 ± 1.07 ; 3.10 ± 0.93 respectivamente), difiriendo de los mejores tratamientos. Su menor aceptación podría asociarse a la presencia de notas vegetales crudas o compuestos característicos del chocho, especialmente en el T6.

Tabla 12.

Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Sabor.

Sabor				
Sig. Asintónica Prueba Friedman = 6.970×10^{-7}				
Tratamientos	Promedio 1	Promedio 2	Sig. Asintónica	Significancia
T1-T2	2.47 ± 1.01	3.60 ± 0.86	0.000 ^a	0.05
T1-T3	2.47 ± 1.01	3.53 ± 1.01	0.000 ^b	0.05
T1-T4	2.47 ± 1.01	2.47 ± 0.94	0.901	0.05
T1-T5	2.47 ± 1.01	3.83 ± 0.91	0.000 ^c	0.05
T1-T6	2.47 ± 1.01	3.97 ± 0.81	0.000 ^d	0.05
T1-Control	2.47 ± 1.01	2.57 ± 0.94	0.722	0.05
T2-T3	3.60 ± 0.86	3.53 ± 1.01	0.672	0.05
T2-T4	3.60 ± 0.86	2.47 ± 0.94	0.000 ^e	0.05
T2-T5	3.60 ± 0.86	3.83 ± 0.91	0.234	0.05
T2-T6	3.60 ± 0.86	3.97 ± 0.81	0.137	0.05
T2-Control	3.60 ± 0.86	2.57 ± 0.94	0.001 ^f	0.05
T3-T4	3.53 ± 1.01	2.47 ± 0.94	0.000 ^g	0.05

T3-T5	3.53 ± 1.01	3.83 ± 0.91	0.097	0.05
T3-T6	3.53 ± 1.01	3.97 ± 0.81	0.050 ^h	0.05
T3-Control	3.53 ± 1.01	2.57 ± 0.94	0.002 ⁱ	0.05
T4-T5	2.47 ± 0.94	3.83 ± 0.91	0.000 ^j	0.05
T4-T6	2.47 ± 0.94	3.97 ± 0.81	0.000 ^k	0.05
T4-Control	2.47 ± 0.94	2.57 ± 0.94	0.604	0.05
T5-T6	3.83 ± 0.91	3.97 ± 0.81	0.649	0.05
T5-Control	3.83 ± 0.91	2.57 ± 0.94	0.000 ^l	0.05
T6-Control	3.97 ± 0.81	2.57 ± 0.94	0.000 ^m	0.05

Nota. Datos extraídos del análisis estadístico de Friedman y Wilcoxon parámetro sabor.

El análisis de la **Tabla 12** mediante la prueba de Friedman mostró diferencia altamente significativa en el atributo de sabor ($p = 6.97 \times 10^{-7}$), confirmando que la formulación influye fuertemente en la percepción gustativa. Los tratamientos T2, T3, T5, T6, obtuvieron las mejores puntuaciones (rango 3,53-3.97). Al no presentar diferencias estadísticas entre sí, estos grupos demuestran perfiles de sabor similares y una buena aceptación sensorial.

Este resultado sugiere un equilibrio entre la nota vegetal del chocho y el dulzor del jarabe de agave. Lo anterior coincide con **Gaibor et al. (2024)**, quienes indican que el dulzor natural enmascara los compuestos amargos y fenólicos propios de las leguminosas.

En contraste, los tratamientos T1 y T4 recibieron las calificaciones más bajas (2.47 ± 1.01 y 2.47 ± 0.94 respectivamente) y difirieron significativamente del resto. Esta baja valoración podría atribuirse a notas amargas o ácidas excesivas. Según **Villacrés (2020)**, varias variaciones en el pH, un remojo insuficiente o el contenido de sólidos intensifican los sabores crudos.

Finalmente, el Control mostró un comportamiento intermedio. Aunque no difiere estadísticamente de los tratamientos con el menor puntaje, si se distingue las formulaciones optimizadas. Esto indica que, si bien el producto base tiene un sabor neutro, no resulta suficientemente agradable para garantizar la preferencia.

Tabla 13.

Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Textura.

Textura				
Sig. Asintónica Prueba Friedman = 0.0000001				
Tratamientos	Promedio 1	Promedio 2	Sig. Asintónica	Significancia
T1-T2	2.66 ± 0.99	2.93 ± 0.78	0.097	0.05
T1-T3	2.66 ± 0.99	3.56 ± 0.77	0.000 ^a	0.05
T1-T4	2.66 ± 0.99	2.63 ± 0.89	0.855	0.05
T1-T5	2.66 ± 0.99	3.40 ± 1.04	0.005 ^b	0.05
T1-T6	2.66 ± 0.99	3.43 ± 0.86	0.002 ^c	0.05
T1-Control	2.66 ± 0.99	2.73 ± 1.08	0.704	0.05
T2-T3	2.93 ± 0.78	3.56 ± 0.77	0.001 ^d	0.05
T2-T4	2.93 ± 0.78	2.63 ± 0.89	0.150	0.05
T2-T5	2.93 ± 0.78	3.40 ± 1.04	0.112	0.05
T2-T6	2.93 ± 0.78	3.43 ± 0.86	0.041 ^e	0.05
T2-Control	2.93 ± 0.78	2.73 ± 1.08	0.487	0.05
T3-T4	3.56 ± 0.77	2.63 ± 0.89	0.002 ^f	0.05
T3-T5	3.56 ± 0.77	3.40 ± 1.04	0.578	0.05
T3-T6	3.56 ± 0.77	3.43 ± 0.86	0.607	0.05
T3-Control	3.56 ± 0.77	2.73 ± 1.08	0.003 ^g	0.05
T4-T5	2.63 ± 0.89	3.40 ± 1.04	0.003 ^h	0.05
T4-T6	2.63 ± 0.89	3.43 ± 0.86	0.001 ⁱ	0.05

T4-Control	2.63 ± 0.89	2.73 ± 1.08	0.788	0.05
T5-T6	3.40 ± 1.04	3.43 ± 0.86	0.967	0.05
T5-Control	3.40 ± 1.04	2.73 ± 1.08	0.026 ^j	0.05
T6-Control	3.43 ± 0.86	2.73 ± 1.08	0.012 ^k	0.05

Nota. Datos extraídos del análisis estadístico de Friedman y Wilcoxon parámetro textura.

El análisis de la **Tabla 13** mediante la prueba de Friedman evidenció diferencias altamente significativas en el atributo textura. Esto confirma que las modificaciones en la formulación impactan notablemente la consistencia del producto. Los tratamientos T3, T5 y T6 obtuvieron las mejores puntuaciones, con promedios en el rango de 3.40 a 3.56. Al no presentar diferencias estadísticas entre sí, estos grupos demostraron una textura estable y uniforme. Dicho comportamiento coincide con lo reportado por **Mauro et al. (2022)**, quienes indican que una mayor proporción de sólidos totales y una adecuada interacción proteína-carbohidrato favorece la viscosidad.

En contraste, los tratamientos T1 y T4 registraron los promedios más bajos y difirieron significativamente de las mejores formulaciones, reflejando una textura heterogénea. Estos resultados podrían atribuirse a una baja capacidad de gelificación, sinéresis o emulsificación insuficiente. Finalmente, el control se ubicó en un nivel intermedio (2.73 ± 1.08). Aunque no difiere estadísticamente de los tratamientos con mayor puntuación, sí presenta diferencias significativas a T3, T5 y T6.

Tabla 14.

Análisis Friedman y Wilcoxon parámetro Aceptabilidad.

Aceptabilidad				
Sig. Asintónica Prueba Friedman = $1.504 * 10^{-12}$				
Tratamientos	Promedio 1	Promedio 2	Sig. Asintónica	Significancia
T1-T2	2.50 ± 0.97	3.27 ± 0.87	0.001 ^a	0.05
T1-T3	2.50 ± 0.97	3.77 ± 0.85	0.000 ^b	0.05
T1-T4	2.50 ± 0.97	2.60 ± 0.97	0.673	0.05
T1-T5	2.50 ± 0.97	3.47 ± 0.86	0.000 ^c	0.05
T1-T6	2.50 ± 0.97	3.77 ± 0.88	0.000 ^d	0.05

T1-Control	2.50 ± 0.97	2.70 ± 0.88	0.392	0.05
T2-T3	3.27 ± 0.87	3.77 ± 0.85	0.014 ^e	0.05
T2-T4	3.27 ± 0.87	2.60 ± 0.97	0.004 ^f	0.05
T2-T5	3.27 ± 0.87	3.47 ± 0.86	0.435	0.05
T2-T6	3.27 ± 0.87	3.77 ± 0.88	0.055	0.05
T2-Control	3.27 ± 0.87	2.70 ± 0.88	0.017 ^g	0.05
T3-T4	3.77 ± 0.85	2.60 ± 0.97	0.000 ^h	0.05
T3-T5	3.77 ± 0.85	3.47 ± 0.86	0.103	0.05
T3-T6	3.77 ± 0.85	3.77 ± 0.88	0.936	0.05
T3-Control	3.77 ± 0.85	2.70 ± 0.88	0.000 ⁱ	0.05
T4-T5	2.60 ± 0.97	3.47 ± 0.86	0.000 ^j	0.05
T4-T6	2.60 ± 0.97	3.77 ± 0.88	0.000 ^k	0.05
T4-Control	2.60 ± 0.97	2.70 ± 0.88	0.518	0.05
T5-T6	3.47 ± 0.86	3.77 ± 0.88	0.187	0.05
T5-Control	3.47 ± 0.86	2.70 ± 0.88	0.001 ^l	0.05
T6-Control	3.77 ± 0.88	2.70 ± 0.88	0.000 ^m	0.05

Nota. Datos extraídos del análisis estadístico de Friedman y Wilcoxon parámetro aceptabilidad.

La prueba de Friedman para la aceptabilidad global presente en **la Tabla 14** evidenció diferencias altamente significativas, confirmando que la formulación determina la preferencia general del panel. Los tratamientos T3, T5 y T6 alcanzaron los promedios más altos (3.47-3.77), lo que sugiere un perfil sensorial equilibrado y agradable. Por el contrario, los tratamientos T1 y T4 registraron los valores más bajo (2,50-2.60) y mostraron diferencias significativas frente a los grupos mejores evaluados (T2, T3, T6, T6). Esto refleja limitaciones acumuladas en los atributos de sabor, textura y olor.

Al comparar con el Control, se observó que T3, T5 y T6 presentaron diferencias estadísticamente superiores. Esto indica que las formulaciones optimizadas no solo superaron a las muestras deficientes, sino también al producto de referencia, demostrando su potencial competitivo.

Finalmente, el análisis permite deducir que la cantidad de cultivo iniciador no fue determinante en la elección, mientras que la concentración de jarabe de agave sí influyó positivamente en la aceptación. Por consiguiente, se seleccionó al tratamiento T3 como la mejor formulación, dado que mantuvo consistentemente los promedios más altos en la mayoría de los parámetros evaluados.

3.1.2. Análisis descriptivo por medio de gráfica radial

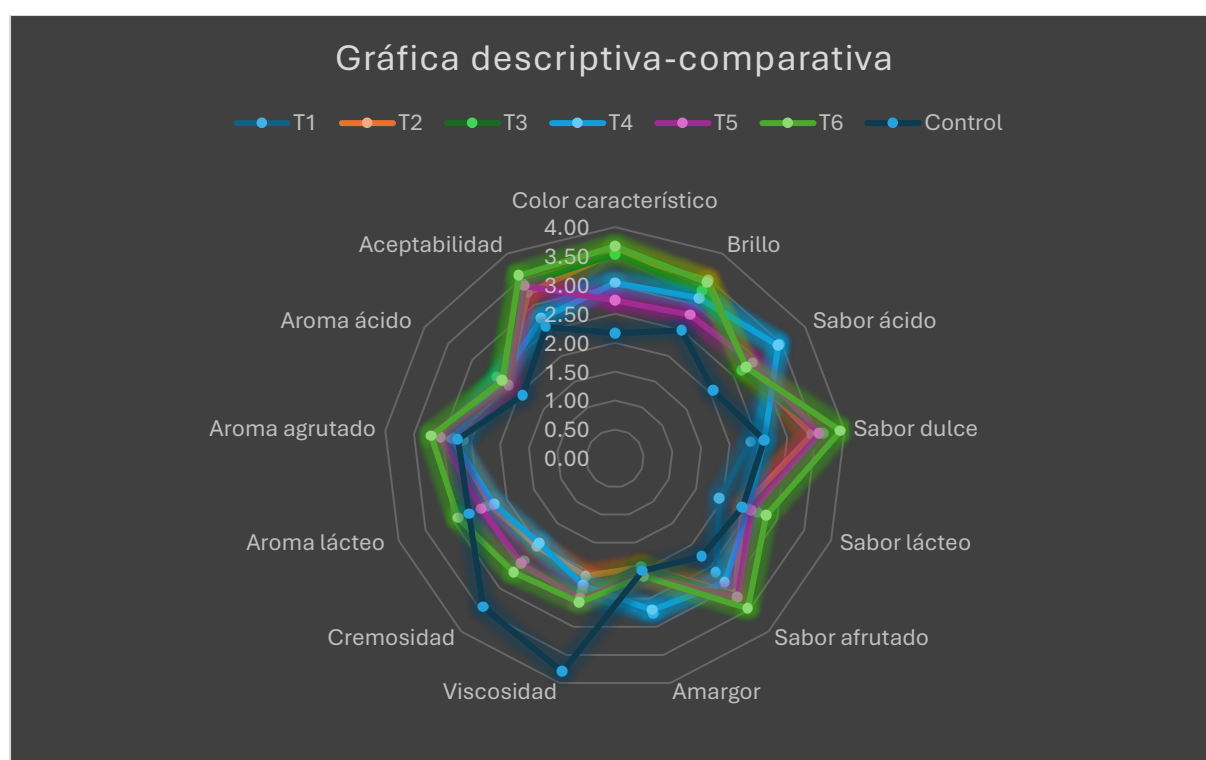


Figura 2. Gráfica radial comparativa.

El análisis de la **Figura 2** revela que los tratamientos T3, T4 y T5 presentan el perfil sensorial más equilibrado. Estos se caracterizan por un color definido, mayor brillo y sabor agradable. Tales atributos se asocian con una matriz alimentaria bien estructurada, derivada de una adecuada proporción de sólidos.

Por el contrario, el tratamiento T1 y el Control mostraron el menor desempeño en casi todas las dimensiones. Esto sugiere limitaciones en la formulación que afectan la cremosidad y viscosidad, parámetros críticos en este tipo de productos. Además, defectos como acidez excesiva, amargor y aromas débiles penalizaron su evaluación global. En conclusión, los tratamientos más aceptados lograron un balance eficiente entre dulzor, acidez y textura. La gráfica confirma que la optimización de estos atributos específicos es determinante para la preferencia del consumidor.

3.2. Analizar las propiedades fisicoquímicas, nutricionales y microbiológicas del mejor tratamiento sensorial.

3.2.1. Análisis fisicoquímicos

Tabla 15.

Análisis de los fisicoquímicos del mejor tratamiento sensorial.

Parámetro	Promedio	Unidad
Brix	26.66 ± 0.57	°Brix
pH	4.83 ± 0.04	pH
Acidez	0.60 ± 0.01	% Ácido láctico
Viscosidad	43.47 ± 0.80	cP
Sinéresis	45.82 ± 0.15	%
Humedad	74.60	%
Densidad	1.02	g/cm^3

Nota. Los valores de humedad y densidad fueron determinados por el laboratorio certificado LACONAL y se representa como valores únicos.

La **Tabla 15** presenta la caracterización fisicoquímica de la bebida fermentada optimizada. El contenido de sólidos solubles fue de 27.66 ± 0.57 °Brix, valor atribuible principalmente a la incorporación del jarabe de agave como edulcorante. Este parámetro es determinante tanto para la percepción del dulzor como para el aporte energético del producto. Además, supera notablemente a otras bebidas nutricionales de base vegetal, las cuales reportan valores cercanos a 1.2 °Brix (**Moposita Vásquez et al., 2023**).

Por su parte, la humedad registrada fue de 74.60 %, un porcentaje característico de la matriz líquida del producto. Si bien este valor es compatible con bebidas de esta categoría, representa un factor crítico para la conservación. Un alto contenido de agua favorece la susceptibilidad al deterioro microbiológico y puede influir en la estabilidad y textural a largo plazo.

Los valores de pH (4.83 ± 0.04) y acidez titulable (0.60 ± 0.01 % de ácido láctico) definen el perfil sensorial y la inocuidad de la bebida. Un pH ácido contribuye a la conservación al inhibir el desarrollo de microorganismos patógenos. El valor obtenido es coherente con los rangos reportados para el jarabe de agave comercial (3.93–5.15) según (**Cerón Zamora, 2022**).

Al compararlo con otras matrices vegetales, el producto presenta una acidez mayor a la de bebidas fermentadas de coco (Mauro et al., 2022), lo que sugiere una fermentación láctica efectiva. Sin embargo, el pH de 4.83 se aproxima peligrosamente al punto isoeléctrico de las proteínas del chocho. Esta cercanía reduce la repulsión electrostática entre las moléculas, lo cual favorece la agregación y contracción de la red proteica, comprometiendo la estabilidad física del producto.

Las propiedades reológicas son indicadores directos de la calidad textural y la consistencia del producto. La viscosidad obtenida fue de 43.47 ± 0.80 cP. Este valor corresponde a una bebida fermentada fluida, aunque resulta bajo en comparación con análogos comerciales de mayor contenido de sólidos. Dicha baja viscosidad sugiere la formación de una red molecular débil o una interacción limitada entre las proteínas del chocho y los demás componentes.

Por su parte, la alta sinéresis observada evidencia inestabilidad estructural, manifestada en la incapacidad de la matriz para retener la fase acuosa. A pesar de que la fibra de *Lupinus mutabilis* posee una elevada capacidad de retención de agua, la contracción de la red proteica parece predominar. Esto indica que la interacción proteína-fibra no fue suficiente para consolidar una red tridimensional estable, un desafío técnico frecuente en el desarrollo de análogos lácteos vegetales.

3.2.2. Propiedades Nutricionales

Tabla 16.

Análisis de los parámetros nutricionales del mejor tratamiento sensorial.

Parámetro	Valor	Unidades 100g
Proteína	3.89	% (N x 6.25)
Grasa	2.88	%
Fibra D. T.	0.88	%
Sólidos totales	25.40	%
Carbohidratos	18.0	%
Cenizas	0.18	%
Energía	112	Kcal/ 100g

Nota. Los datos nutricionales fueron determinados por el laboratorio certificado LACONAL.

El análisis proximal detallado en la **Tabla 16** reportó un contenido proteico de 3.89 %. Esta cifra sitúa a la bebida en un rango competitivo frente a alternativas comerciales fermentadas de soya, cuyos valores oscilan entre 4.0 y 4.6 g/100 g (**Greis et al., 2022**). Dicho resultado valida la capacidad del *Lupinus mutabilis* como una fuente proteica viable para regímenes veganos.

Respecto al contenido de grasa, el valor obtenido fue de 2.88 %. Este porcentaje es ligeramente superior al promedio de los yogures de soya (2.3 %). Según **Garg et al. (2025)**, este perfil intermedio resulta ventajoso, pues los extractos de leguminosas suelen ofrecer un equilibrio nutricional favorable con un bajo aporte de grasas saturadas.

Los valores de Sólidos Totales (25.40 %) y Carbohidratos (18.0 %) reflejan principalmente la incorporación del jarabe de agave (*Agave americana*). Este perfil convierte a la bebida en un alimento energéticamente denso, superando en aporte calórico a diversas bases vegetales no fermentadas. A pesar del alto contenido de carbohidratos, la elección del jarabe de agave se justifica por su funcionalidad: este endulzante es valorado por su índice glucémico (IG) bajo respecto a la sacarosa, propiedad atribuida a su riqueza en fructanos y fructosa.

Por otro lado, los niveles de Fibra Dietaria Total (0.88 %) y Cenizas (0.18 %) evidencian el impacto del procesamiento. La baja concentración de fibra se explica por la etapa de filtración, donde se retiene la fracción insoluble mayoritaria del chocho, un fenómeno habitual en la elaboración de bebidas vegetales. Finalmente, el reducido contenido de cenizas confirma una pérdida significativa de minerales, la cual suele llegar hasta 3.3 g/100 g.

Tabla 17.

Comparación nutricional entre la bebida fermentada experimental y productos comerciales.

Parámetro	Bebida fermentada experimental	Bebida comercial	Yogurt comercial	Unidades
Proteína	7.78	1.66	5.83	%
Grasa	5.76	4.17	5	%
Fibra	1.75	0	0	%
Azúcares	6.4	3.33	11.67	%
Carbohidratos	36	6.67	13.33	%

Energía	224	75	125	Kcal
----------------	-----	----	-----	------

Nota. Los valores presentados corresponden al contenido nutricional por 200g de cada producto evaluado.

El perfil bromatológico representados en la **Tabla 17** exhibió una superioridad nutricional notable frente a los análogos comerciales, destacando especialmente en la fracción proteica. La formulación alcanzó una concentración de 7.78 %, valor que supera significativamente a los fermentados lácteos convencionales (5.83 %) y a la bebida comercial de referencia (1.66 %). Estos resultados consolidan al *Lupinus mutabilis* como una fuente proteica de alta densidad.

Dicho hallazgo se alinea con investigaciones sobre productos fortificados con aislados proteicos, donde se reportan concentraciones de hasta 57.8 %. Esto ratifica la capacidad de la leguminosa andina para enriquecer nutricionalmente las matrices líquidas.

Por otro lado, el contenido de grasa registrado fue de 5.76 %. Al contrastarlo con la bebida comercial y el yogur lácteo, el producto experimental se mantiene en un rango competitivo. Este aporte lipídico se justifica por la composición intrínseca del chocho, reconocido por su valioso perfil de grasas insaturadas.

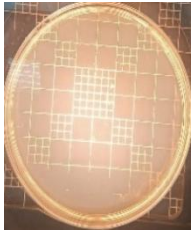
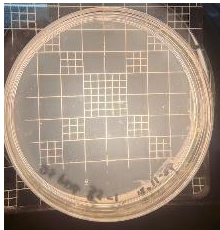
El perfil nutricional del mejor tratamiento se caracteriza por una elevada concentración de Carbohidratos Totales (36 %) y una notable densidad energética (224 Kcal/100 g). Estas cifras posicionan al producto como una alternativa de alto aporte calórico, ideal para dietas con requerimientos energéticos específicos. Dicho contenido de carbohidratos supera ampliamente a la bebida comercial (6.67 %) y al yogur convencional (13.33 %), un aumento atribuible principalmente a la incorporación del jarabe de agave, el cual contiene más de 76 g/100 g de hidratos de carbono en su forma concentrada (**Cerón Zamora, 2022**).

No obstante, es fundamental diferenciar la fracción de Azúcares (6.4 %). Aunque este valor es superior al de la bebida control (3.33 %), resulta significativamente inferior al del yogur comercial (11.67 %). Este diferencial constituye una ventaja competitiva clave. La elección del jarabe de agave se respalda en su aporte de fructooligosacáridos (FOS), compuestos bioactivos que no se contabilizan como azúcares simples. Según **Lignia (2014)** los concentrados de agave presentan un índice glucémico bajo (36.65 – 47.6), lo que sugiere que el producto podría ser apto para regímenes de control glucémico riguroso.

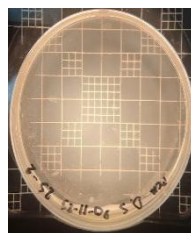
3.2.3. Parámetros Microbiológicos

Tabla 18.

Análisis de los parámetros microbiológicos del mejor tratamiento sensorial.

Parámetro	Fotografía	Valor	Límites de aceptación	Normativa
Coliformes	 Figura 3. Placa Chromocult®.	< 10 <i>UFC</i>	< 10 <i>UFC</i>	NTE INEN 2395:2011
<i>E-Coli</i>	 Figura 4. Placa MacConkey.	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2395:2011 NTE INEN 2390: 2004
Mohos y Levaduras	 Figura 5. Placa PDA.	< 10 <i>UFC</i>	< 200 <i>UFC</i>	NTE INEN 2395:2011 NTE INEN 2390: 2004

**Aerobios
mesófilos**



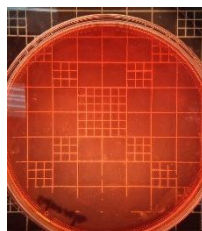
< 10 UFC

< 10⁴ UFC

NTE INEN 2390:
2004

Figura 6. Placa
PCA.

Salmonella



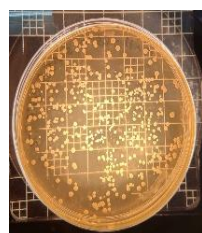
Ausencia

Ausencia

NTE INEN
15295: 2010

Figura 7. Placa
SS.

Probióticos



10⁷

10⁶ UFC

NTE INEN 2395:
2011

Figura 8. Placa
MRS.

Nota. Los valores presentados corresponden al recuento final obtenido para cada microorganismo analizado y se comparan con los límites de aceptación establecidos por la normativa ecuatoriana aplicable.

La evaluación microbiológica presente en la **Tabla 18** reportó la ausencia de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Salmonella*. Estos resultados confirman una higiene rigurosa durante las etapas de producción, así como el cumplimiento estricto de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

Asimismo, los parámetros obtenidos se encuentran dentro de los límites exigidos por las normativas NTE INEN 2395:2011 y NTE INEN 2390:2004. Esto demuestra la eficacia del tratamiento térmico aplicado, garantizando la inocuidad del producto final y su seguridad para el consumo.

Adicionalmente, los recuentos de mohos, levaduras y aerobios mesófilos resultaron inferiores a 10 UFC/mL. Este resultado denota una estabilidad microbiológica robusta y un control riguroso de variables críticas como el pH y la temperatura.

Asimismo, los bajos valores confirman la eficacia de los protocolos de sanitización de envases y la integridad del sellado. Estos factores han demostrado ser barreras efectivas para prevenir la contaminación y asegurar la calidad sanitaria del producto final.

Por último, el recuento de microorganismos probióticos alcanzó una concentración de 10^8 UFC/mL, superando el umbral mínimo exigido por la normativa para yogur lácteo (10^6 UFC/mL). Este resultado se alinea con investigaciones recientes que destacan cómo las matrices vegetales ricas en proteínas, como la del chocho, favorecen la supervivencia de las bacterias ácido-lácticas.

Lo anterior sugiere que la matriz de *Lupinus mutabilis* constituye un vehículo idóneo para la incorporación y mantenimiento de probióticos. En conclusión, el perfil microbiológico valida al producto como una alternativa segura, estable y funcional, cumpliendo rigurosamente con los criterios de calidad para bebidas fermentadas.

3.3. Evaluar la vida de anaquel del mejor tratamiento sensorial mediante un análisis de estabilidad acelerado.

3.3.1. Análisis de la vida útil por método acelerado de pH

Tabla 19.

Evaluación de vida útil por método acelerado basada en la variación de pH.

Temperaturas	pH inicial	pH final	Días aceptables
25°C	4.8	3.90	16
35°C	4.8	3.98	7
45°C	4.8	3.88	4

Nota. Los días representan el tiempo en el que el producto se mantuvo dentro del límite de aceptabilidad. Según bibliografía el límite de pH mínimo es de 4.0 (Matela et al., 2019).

La evaluación de vida útil bajo condiciones aceleradas (Tabla 19) reveló que la estabilidad de la bebida depende críticamente de la temperatura. Los datos evidencian una marcada cinética de acidificación. Las temperaturas elevadas (35–45 °C) aceleraron el descenso del pH, reduciendo significativamente el tiempo durante el cual el producto se mantuvo sobre el umbral de aceptabilidad (pH 4.0).

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Urrego-Pava & Coy-Barrera, (2023) respecto a la microflora láctica en matrices vegetales. El incremento térmico intensifica la actividad metabólica y la velocidad de producción de ácidos orgánicos. En consecuencia, se provoca una caída del pH mucho más rápida que la que ocurriría en condiciones de refrigeración.

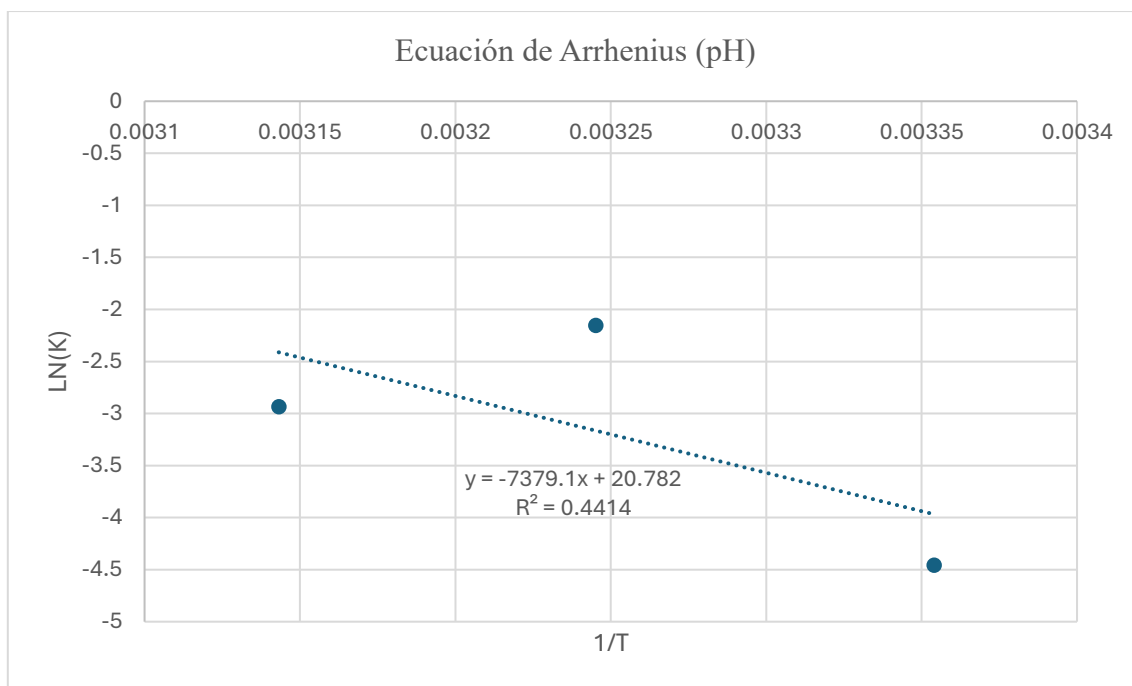


Figura 9. Ecuación de Arrhenius para el parámetro pH.

La **Figura 9** presenta el gráfico de Arrhenius para el parámetro de pH, el cual evidencia la relación lineal entre el logaritmo natural de la constante de velocidad $\ln(k)$ y el recíproco de la temperatura absoluta ($1/T$). La pendiente negativa obtenida (-7379.1) confirma la naturaleza endotérmica de la activación: el mecanismo de acidificación se intensifica exponencialmente conforme aumenta la temperatura.

Si bien el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.4414$) denota una dispersión experimental considerable y un ajuste moderado, la tendencia general valida que el sistema responde a un comportamiento cinético activado térmicamente. La variabilidad observada en el ajuste podría atribuirse a limitaciones en la precisión instrumental durante el monitoreo continuo, así como a la complejidad de la matriz biológica, factores que introducen fluctuaciones sistemáticas en la medición cinética.

Tabla 20.

Determinación de la vida útil del producto mediante la ecuación de Arrhenius del parámetro pH.

Temperatura	Días aceptables
45 °C	2
35 °C	4
25°C	10
4 °C	63

Nota. Los días indican el tiempo durante el cual el producto se mantuvo dentro de los parámetros mínimos de aceptabilidad definidos para su estabilidad en el parámetro pH.

La determinación de la vida útil mediante el modelo de Arrhenius evidenció una marcada dependencia de la velocidad de deterioro respecto a la temperatura de almacenamiento. La reducción del tiempo de aceptabilidad de 10 a 2 días (en condiciones aceleradas) confirma que la acidificación, impulsada por la actividad metabólica microbiana, constituye el principal factor limitante de la estabilidad fisicoquímica.

A partir de la extrapolación de los datos cinéticos, se proyectó una vida útil estimada de 63 días en condiciones de refrigeración. Este resultado valida la viabilidad comercial del producto, subrayando la necesidad crítica de mantener la cadena de frío para garantizar dicha durabilidad.

3.3.2. Análisis de la vida útil por método acelerado de acidez

Tabla 21.

Evaluación de vida útil por método acelerado basada en la variación de acidez.

Temperaturas	Acidez inicial	Acidez final	Días aceptables
25°C	0.6	1.253	16
35°C	0.6	1.28	9
45°C	0.6	1.26	4

Nota. Los días representan el tiempo en el que el producto se mantuvo dentro del límite de aceptabilidad. Según bibliografía el límite de acidez máximo aceptable es de >1.2.

La evolución de la acidez titulable mostró una marcada dependencia térmica. Si bien el producto inició con un 0.6 % de ácido láctico en todos los tratamientos, el incremento hacia valores superiores al 1.2 % se aceleró proporcionalmente con el aumento de temperatura. Esto redujo significativamente el tiempo de aceptabilidad: de 16 días a 25 °C, disminuyó a 9 y 4 días a 35 °C y 45 °C, respectivamente.

La similitud entre las acideces finales en las temperaturas más altas sugiere que el sistema alcanza rápidamente un umbral máximo de acidificación. Por otro lado, las ligeras fluctuaciones observadas entre mediciones pueden atribuirse a la variabilidad experimental inherente al método de titulación en matrices vegetales complejas.

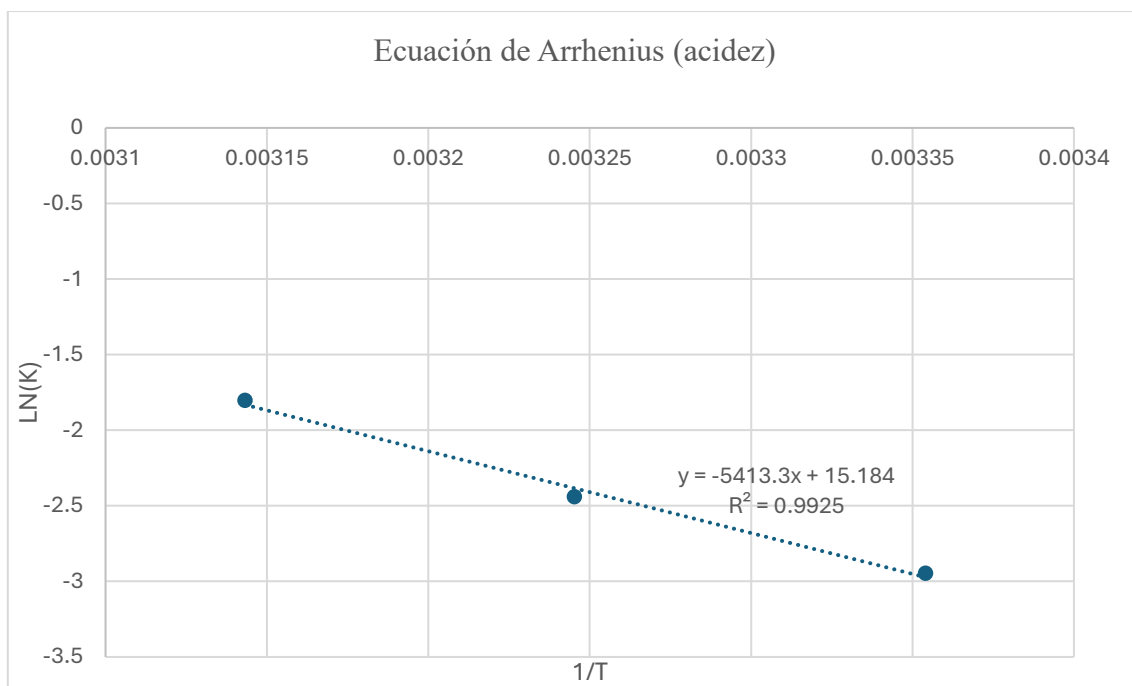


Figura 10. Ecuación de Arrhenius para el parámetro acidez.

La representación de Arrhenius para la acidez titulable evidenció una relación altamente lineal entre la constante cinética y el inverso de la temperatura, respaldada por un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0.9925$). Este ajuste demuestra que el incremento de la acidez responde de manera consistente a un proceso termodependiente.

La pendiente negativa obtenida (-5413.3) confirma que la tasa de acidificación se acelera conforme aumenta la temperatura. Dicho comportamiento concuerda con lo reportado en bebidas fermentadas vegetales, donde la hidrólisis de carbohidratos residuales y la actividad metabólica post-fermentativa se intensifican exponencialmente bajo estrés térmico.

En contraste con el comportamiento del pH, la acidez mostró una dispersión mínima. Esto sugiere que la acidez titulable constituye un parámetro más robusto para el monitoreo de estabilidad, siendo menos susceptible a interferencias instrumentales o a las fluctuaciones propias de la matriz.

Tabla 22.

Determinación de la vida útil del producto mediante método acelerado de acidez.

Temperatura	Días aceptables
45 °C	4
35 °C	7
25°C	12

4 °C	46
------	----

Nota. Los días indican el tiempo durante el cual el producto se mantuvo dentro de los parámetros mínimos de aceptabilidad definidos para su estabilidad en el parámetro acidez.

Los datos de la **Tabla 22** evidencian que la estabilidad del producto frente a la acidificación depende críticamente de la temperatura. El periodo de aceptabilidad disminuyó drásticamente: de 46 días a 4 °C, pasó a solo 4 días a 45 °C. Esto demuestra una cinética de deterioro acelerada bajo condiciones térmicas elevadas. La marcada diferencia entre 25 °C y 35 °C confirma que el sistema responde de manera exponencial, alcanzando rápidamente el límite crítico de acidez (>1.2 %).

Finalmente, la prolongada estabilidad observada a 4 °C valida que el almacenamiento en refrigeración retarda eficazmente la evolución de la acidez. Esto concuerda con investigaciones previas que establecen a las bajas temperaturas como la condición más efectiva para preservar la estabilidad fisicoquímica en bebidas fermentadas (Sanne et al., 2021).

3.3.3. Análisis de la vida útil por método acelerado de Probióticos

Tabla 23.

Evaluación de vida útil por método acelerado basada en la variación de probióticos.

Temperaturas	Probióticos inicial	Probióticos finales	Días aceptables
25°C	3×10^7	2×10^6	16
35°C	3×10^7	2.5×10^6	12
45°C	3×10^7	4×10^5	8

Nota. Los días representan el tiempo en el que el producto se mantuvo dentro del límite de aceptabilidad. Según bibliografía el límite de acidez mínimo aceptable es de 1.2.

La evaluación de la vida útil mediante pruebas aceleradas, considerando la viabilidad de los microorganismos probióticos como variable crítica, demostró una significativa susceptibilidad térmica del cultivo iniciador. Este comportamiento es indicativo de una cinética de deterioro acelerada.

A 25 °C, la bebida mantuvo niveles aceptables durante 16 días. No obstante, al elevar la temperatura a 35 °C y 45 °C, la estabilidad se redujo a 12 y 8 días, respectivamente. Dicha tendencia es congruente con estudios recientes, los cuales evidencian que temperaturas superiores a 30 °C precipitan la pérdida de viabilidad en bacterias ácido-lácticas. Esto se atribuye al incremento del estrés oxidativo y al rápido agotamiento de los nutrientes disponibles en el medio.

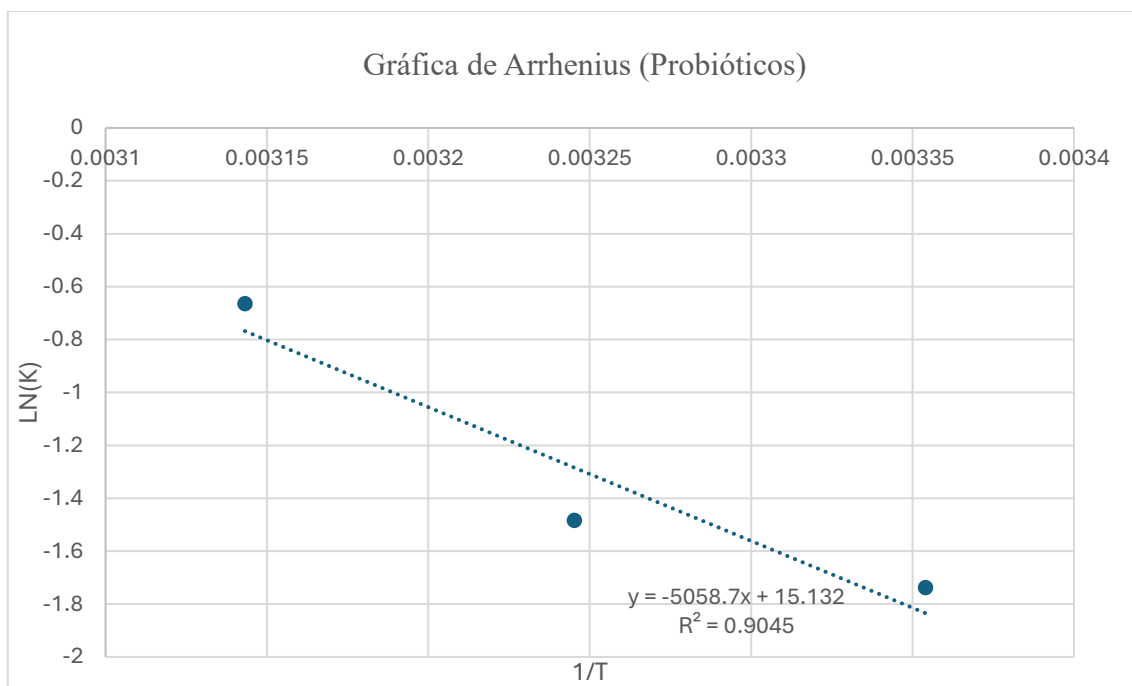


Figura 11. Ecuación de Arrhenius para los Probióticos.

La representación de Arrhenius para la viabilidad de los microorganismos probióticos evidenció una correlación lineal entre la constante de velocidad y el recíproco de la temperatura. La pendiente negativa obtenida (-5058.7) confirma que la tasa de inactivación celular se acelera con el incremento térmico, lo que implica una energía de activación significativa para el proceso de muerte microbiana.

Por su parte, el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.9045$) demuestra un ajuste estadístico satisfactorio. Este resultado valida la aplicabilidad del modelo de Arrhenius para describir y predecir la cinética de deterioro biológico en la matriz de la bebida desarrollada.

Tabla 24.

Determinación de la vida útil del producto mediante método acelerado de Probióticos.

Temperatura	Días aceptables
45 °C	7
35 °C	13
25°C	22
4 °C	81

Nota. Los días indican el tiempo durante el cual el producto se mantuvo dentro de los parámetros mínimos de aceptabilidad definidos para su estabilidad en el parámetro acidez.

La estimación de la vida útil basada en la viabilidad de los probióticos confirmó que la estabilidad microbiana depende críticamente de la temperatura. Se observó una reducción drástica de los días de aceptabilidad conforme aumentó el estrés térmico: mientras que a 45 °C la viabilidad se mantuvo solo durante 7 días, a 4 °C la vida útil proyectada se extendió hasta 81 días.

Este hallazgo coincide con la literatura reciente, la cual señala que las bacterias probióticas presentan cinéticas de inactivación marcadamente más rápidas a temperaturas superiores a 30 °C. Asimismo, los resultados ratifican que la refrigeración es indispensable para preservar la carga probiótica, dado que temperaturas moderadas (como 25 °C) ofrecen una estabilidad limitada. Dicha tendencia es coherente con los rangos reportados para bebidas fermentadas no lácteas. En conclusión, los datos validan el modelo aplicado y permiten establecer una vida útil realista bajo condiciones de almacenamiento controlado.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se desarrolló exitosamente una bebida fermentada a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y jarabe de agave (*Agave americana*), constituyendo una alternativa vegetal viable al yogur convencional validada por su inocuidad, estabilidad fisicoquímica y perfil nutricional superior. La evaluación sensorial ratificó la aceptación del producto al alcanzar atributos organolépticos competitivos frente a los referentes comerciales, posicionando a esta formulación como una opción prometedora y escalable dentro de la industria de alimentos funcionales.
- Se determinó que la formulación influye significativamente en la percepción del consumidor, destacándose el tratamiento T3 con la mayor aceptabilidad sensorial global. Esta formulación presentó un perfil organoléptico equilibrado y una textura homogénea. Además, se logró enmascarar eficazmente las notas amargas del *Lupinus mutabilis* gracias a la acción del jarabe de agave (*Agave americana*). El análisis confirma que la concentración del edulcorante constituye un factor determinante en la preferencia, mientras que la variación del cultivo iniciador no mostró un impacto significativo en la selección del mejor tratamiento.
- La caracterización del mejor tratamiento reveló un producto de alta densidad nutricional, destacando un contenido proteico competitivo frente a análogos comerciales y lácteos. Esto valida al *Lupinus mutabilis* como una matriz vegetal idónea para este tipo de desarrollos. Asimismo, la incorporación del jarabe de agave no solo incrementó el aporte energético, sino que proporcionó carbohidratos de bajo índice glucémico. En el ámbito microbiológico, el producto demostró ser inocuo y funcional, alcanzando recuentos de bacterias probióticas superiores a 10^6 UFC/mL, cumpliendo así con los estándares normativos exigidos.
- Mediante el análisis de estabilidad acelerada basado en el modelo de Arrhenius, se estableció que la acidez titulable constituye el parámetro crítico que limita la vida útil del producto. Se estimó una durabilidad de 43 días bajo condiciones estrictas de refrigeración (4 °C). Si bien la carga probiótica mantiene su viabilidad hasta por 81 días, la cinética de acidificación post-fermentativa restringe el periodo de aceptación sensorial antes de ese tiempo. Finalmente, se confirmó una marcada dependencia térmica del deterioro, demostrando que la ruptura de la cadena de frío reduce la estabilidad del producto a menos de una semana.

4.2. Recomendaciones

- Realizar un estudio comparativo entre el uso de chocho fresco desamargado y harina de chocho para evaluar su impacto en el rendimiento de sólidos, perfil nutricional y estabilidad de la suspensión.
- Investigar el aprovechamiento de la torta de filtración mediante deshidratación para la obtención de harinas aplicables en el desarrollo de snacks, extruidos o alimentación animal.

- Implementar un diseño factorial que correlacione la evolución de parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sinéresis, color, viscosidad) con la cinética de supervivencia de los cultivos probióticos (*Lactobacillus*, *Streptococcus*) y el comportamiento de microorganismos patógenos.

BIBLIOGRAFÍA

- Academy of Nutrition and Dietetics. (2025). *Las dietas vegetarianas y veganas*. eatrightPRO Academy of Nutrition and Dietetics. <https://www.eatrightpro.org/news-center/research-briefs/new-position-paper-on-vegetarian-and-vegan-diets>
- Alejandra, M., Mónica, A., Gustavo, A., Preciado-saldaña, A. M., & Domínguez-avila, J. A. (2022). *Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria . Un acercamiento a la economía circular*. 23.
- Almachi Ana; Toapanta Wilma. (2025). *OBTENCIÓN DE UN AISLADO DE PROTEÍNA DE CHOCHO (Lupinus mutabilis Sweet) PARA LA FORTIFICACIÓN DE GALLETA* [UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Altamirano Espinosa, A., Negrete, A., & Toapanta, S. (2024). Elaboración de alimentos funcionales a partir de ingredientes autóctonos, caso de estudio aplicado a la naranjilla, chocho y chirimoya. *Bastcorp International Journal*, 3(2), 99–125. <https://doi.org/10.62943/bij.v3n2.2024.105>
- Álvarez-Chavez, J., Villamiel, M., Santos-Zea, L., & Ramirez-Jimenez, A. K. (2021). *Agave By-Products : An Overview of Their Nutraceutical Value , Current Applications , and Processing Methods*. 720–743. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides2030044>
- Armijos, S. (2022). *El mercado ecuatoriano es un buen nicho para los productos veganos*. VISTAZO. <https://www.vistazo.com/enfoque/el-mercado-ecuatoriano-es-un-buen-nicho-para-los-productos-veganos-BY4023030>
- Azpíroz, M. (2024). VEGANISMO Y VEGETARIANISMO EN LA PRENSA MEXICANA EN 2022: UN ANÁLISIS DE ARGUMENTO Y FUENTES. *Reis*, 4. <https://doi.org/10.2307/40184061>
- Badui Dergal, S. (2013). Química de los Alimentos. En S. Badui Dergal (Ed.), *Química de los Alimentos* (5a ed.). Pearson Educación.
- Bautista, N. (2019). *Fructooligosacáridos y obtención de azúcares totales cristalizado del aguamiel de Agave americana L. (maguey)*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Beltrán Balarezo, C., Sánchez Prado, R. E., Bravo Aguilar, M. S., & Fernández Vélez, C. V. (2023). Valoración Antioxidante de una Bebida de Chocho y Granada (*Lupinus Mutabilis*, *Punica Granatum*) como Alternativa Nutricional para Geriátricos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 4725–4744. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7311
- Berenice, A., Ibrahim, F., & Castro, G. (2025). *Propuesta de una secuencia didáctica sobre la química de los carbohidratos y la salud nutricional en el bachillerato*. 36(2), 27–38. <https://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/89020>
- Cárdenas, S. M. (2024). *VIABILIDAD DE COMERCIALIZAR SNACKS VEGANOS ALTOS EN*

- Carvajal-Larenas, F. E., Linnemann, A. R., Nout, M. J. R., Koziol, M., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1454–1487. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772089>
- Castañeda, B. C., M, R. M., Castillo, F. G., Jáuregui, A. M., E, F. R., Caparó, F. L., & H, J. M. (2008). Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* sweet (chocho o tarwi). *Acta Médica Peruana*, 25(4), 210–215.
- Cerón Zamora, C. (2022). Índice Glucémico in Vitro Y Actividad Antioxidante De Jarabe De Agave Obtenido Por Evaporación Rotatoria Al Vacío. *Correspondencias & Análisis*.
- Chalampunte-Flores, D., Tapia Bastidas, C., & Sørensen, M. (2021). The Andean Lupine-‘El Chocho’ or ‘Tarwi’ (*Lupinus mutabilis* Sweet). *Biodiversity Online Journal*, 1(4). <https://doi.org/10.31031/boj.2021.01.000520>
- Chalampunte, D. S. F. (2021). *ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y ECO -GEOGRÁFICA EN TRES CULTIVOS ANDINOS DEL ECUADOR : EL CASO DEL TARWI (Lupinus)*.
- Cortés-Avendaño, P., Tarvainen, M., Suomela, J. P., Glorio-Paulet, P., Yang, B., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2020). Profile and Content of Residual Alkaloids in Ten Ecotypes of *Lupinus mutabilis* Sweet after Aqueous Debittering Process. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 184–191. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00799-y>
- Curti, C. A., Alcócer, J. C., Rivas, M. A., Vinderola, G., & Ramón, A. N. (2022). *A R T Í C U L O O R I G I N A L Harinas de lupino blanco (Lupinus albus) y andino (L . mutabilis) aptas para consumo : características físico-químicas y funcionales for consumption : physico-chemical and functional characteristics*. 1–9.
- Davis, S. C. (2022). *Agave americana: Characteristics and Potential Breeding Priorities*. <https://doi.org/10.3390/plants11172305>
- De La Torre, L., Cummins, I., & Logan-Hines, E. (2018). *Agave americana* and *Furcraea andina*: Key Species to Andean Cultures in Ecuador. *Botanical Sciences*, 96(2), 246–266. <https://doi.org/10.17129/botsci.1813>
- Domínguez, V., Flores-merino, M. V, Morales-romero, J., & Bedolla-pulido, A. (2019). *Allergy to cow 's milk protein , or lactose intolerance : a cross-sectional study in university students Alergia a la proteína de la leche de vaca o intolerancia a lactosa : un estudio transversal en estudiantes universitarios Resumen*. 66(4), 394–402. <https://doi.org/10.29262/ram.v66i4.640>
- Duque, J., & Mejía, D. (2024). *Universidad De Cuenca 0 Universidad De Cuenca*. 1–56.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/43677/1/Trabajo-de-Titulación.pdf>

- Durán A., S., Rodríguez N., M. del P., Córdón A., K., & Record C., J. (2012). Estevia (stevia rebaudiana), edulcorante natural y no calórico. *Revista Chilena de Nutricion*, 39(4), 203–206. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000400015>
- El Comercio. (2024). *Esta es la gran diferencia entre un vegetariano y vegano*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/salud/dia-mundial-vegano-vegetariano-diferencias/>
- Enríquez Estrella, M. Á., Enriquez Ujukam, T. J., Serrano Torres, G. J., Torres Rodríguez, S. H., & Cuadrado Ayala, D. G. (2024). Comportamiento Antioxidante Y Polifenólico De Una Conserva De Flor De Cabuya Negra (Agave Americana). *Perfiles*, 1(31), 54–60. <https://doi.org/10.47187/perf.v1i31.273>
- FAO, & WHO. (2018). Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre nutrición y alimentos para regímenes especiales. *Codex Alimentarius*, 1–18. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/ar/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-720-40%252FWD%252Fnf40_12s.pdf
- Farzaneh, M., Fadaei, V., & Gandomi, H. (2023). Antioxidant, Syneresis, and Sensory Characteristics of Probiotic Yogurt Incorporated With Agave tequilana Aqueous Extract. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 17(3), 243–252. <https://doi.org/10.32598/ijvm.17.3.1005249>
- Gaibor, Lady, Vargas, P., Carrasco, Á., Cruz, C., & Alcívar, C. (2024). Preparation of vegan yogurt, based on quinoa (Chenopodium quinoa) with different concentrations of sweeteners and microorganisms. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(2), 22–32.
- García Coronel, J. A., & Iturralde, N. (2021). *Elaboración de pasta a base de lenteja como sustituto de carne molida con adición de especias y sal*. 18. <http://www.uagraria.edu.ec/organigrama.html>
- Garg, A., Sharma, S., & Verma, P. (2025). *Plant Based Legume Extracts as Milk Alternatives - A Review*. 13(3), 109–118. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20251303.11>
- González-Ortiz, J. A. (2022). Las dos caras del veganismo: beneficios y riesgos en la salud de una dieta vegana. *CIENCIA ergo-sum*, 30(1), 0–12. <https://doi.org/10.30878/ces.v30n1a6>
- Grasso, N., Alonso-miravalles, L., & Mahony, J. A. O. (2020). *Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts*.
- Greis, M., Sainio, T., Katina, K., Nolden, Alissa A., Kinchla Amada J., Seppä, L., & Partanen, R. (2022). *Physicochemical Properties and Mouthfeel in Commercial Plant-Based Yogurts*. 1–15.
- Guamán, S. (2023). *Vista de Impacto de las prácticas de bienestar animal en la calidad de la carne y los productos lácteos.pdf*.

- Guerrero de la Torre, F. J. (2024). *Caracterización de germinado de chocho (Lupinus mutabilis)* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14464>
- Gunsha, J. (2020). Utilización de harina de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) como extensor cárnico en salchicha de pollo. *Tesis de pregrado*, 92. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14216/1/27T00444.pdf>
- Hidalgo-fuentes, B., Jes, E. De, Cabrera-hidalgo, A. D. J., Sandoval-castilla, O., Liceaga, A. M., & Aguilar-toal, J. E. (2024). *Plant-Based Fermented Beverages: Nutritional Composition, Sensory Properties, and Health Benefits*. 1–20.
- Jaramillo, I. L. (2024). *PROCESO DE COMPRA DEL CONSUMIDOR LATINOAMERICANO DE LOS COSMÉTICOS SOSTENIBLES*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL OCCIDENTE.
- Kapse, N., Pisu, V., Dhakephalkar, T., Margale, P., Shetty, D., & Wagh, S. (2024). *Unveiling the Probiotic Potential of Streptococcus thermophilus MCC0200 : Insights from In Vitro Studies Corroborated with Genome Analysis*.
- Kullar, R., Goldstein, E. J. C., Johnson, S., & Mcfarland, L. V. (2023). *Lactobacillus Bacteremia and Probiotics : A Review*. 1–14.
- LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2014). *veganismo*. <https://dle.rae.es/veganismo?m=form>
- Jerma Celada, J. M., Acevedo Quintero, A. M., & Stuart Suarez, M. (2024). *Análisis comparativo del uso de edulcorantes naturales vs los edulcorantes artificiales en la industria alimentaria colombiana*.
- Lignia, J. (2014). Utilización de diferentes niveles de Agave americana (Sirope de Agave) como edulcorante natural para la elaboración de yogurt de glycine maz (Soya). *Procedia Manufacturing*, 1(22 Jan), 1–17.
- Lino, H. (2022). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PERFIL PROTEICO DE UN ADEREZO VEGANO ELABORADO A PARTIR DE LINO (Linum usitatissimum), SOYA (Glycine max) Y CHOCHO (Lupinus mutabilis)*.
- Llerena, L. (2022). Beneficios del chocho para mejorar la nutrición. *Qualitas Revista Científica*. <https://doi.org/10.55867/qual24.05>
- María, Ana, S., Figueroa, M., Del Pilar, M., Ponce, M., Luisa, M., Sulca, Q., Weydert, B., Huamán De La Cruz, G. ;, Hayde, G., Rojas, R., Baylón, B., & Alberto, A. (2010). *El Chocho , Complemento Nutricional En Gestantes Adolescentes, Amarilis - Huánuco – 2009*. 4(1), 37–40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586061881008>
- Mariolly, G. R., Verónica, M. B., Ximena, R. T., & Catalina, L. R. O. (2021). Vegetarian diets in

- paediatrics. Nutrition branch recommendations. *Andes Pediatrica*, 92(5), 781–789. <https://doi.org/10.32641/ANDESPEDIATR.V92I5.3787>
- Markiewicz, L. (2024). *Quality Control of Fermented Dairy Beverages*. 1–6.
- Márquez-Villacorta, L., Pretell-Vásquez, C., & Hayayumi-Valdivia, M. (2021). Functional beverage design based on fresh milk, tarwi (*Lupinus mutabilis*) beverage and oatmeal (*avena sativa*). *Revista Chilena de Nutricion*, 48(4), 490–499. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182021000400490>
- Martinez, A. (2020). *Ecopacific: “Alimentos saludables para generar prosperidad”*. METRO. <https://www.metroecuador.com.ec/ec/empresarial/2020/04/27/ecopacific-alimentos-saludables-generar-prosperidad.html>
- Matela, K. S., Pillai, M. K., & Thamae, T. (2019). *Evaluation of pH, titratable acidity, syneresis and sensory profiles of some yoghurt samples from the Kingdom of Lesotho*. 3(December), 693–697.
- Mauro, C. S. I., Fernandes, M. T. C., Farinazzo, F. S., & Garcia, S. (2022). Characterization of a fermented coconut milk product with and without strawberry pulp. *Journal of Food Science and Technology*, 59(7), 2804–2812. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05303-1>
- Mehrez, I., Hachem, H., Gheith, R., & Jemni, A. (2023). Optimization of Mortar/Agave americana Fibers Composite Behavior Based on Experimental Design. *Journal of Natural Fibers*, 20(1). <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2152149>
- Meneses Quelal, O., & Pulles, M. B. (2025). Nutritional, Functional and Microbiological Potential of Andean *Lupinus mutabilis* and *Amaranthus* spp. in the Development of Healthy Foods—A Review. *Foods*, 14(12), 1–23. <https://doi.org/10.3390/foods14122059>
- Moposita Vásquez, D. D., Godoy Riera, M. S., Romero Villacrés, M. F., & Moposita Vásquez, L. L. (2023). *Uso de germinados de chocho (Lupinus mutabilis) y quinua (Chenopodium quinoa) para la elaboración de una bebida nutricional Use of cabbage (Lupinus mutabilis) and quinoa (Chenopodium quinoa) germinates for the preparation of a nutritional beverage*. 8(5), 1387–1403. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5.5651>
- Moreno-Miranda, C., & Dries, L. (2022). Integrating coordination mechanisms in the sustainability assessment of agri-food chains: From a structured literature review to a comprehensive framework. *Ecological Economics*, 192(March 2021), 107265. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107265>
- Moreno-Miranda, C., Franco-Crespo, C., Pachucho, I., Uño, K., Gordillo, A., & Ortiz, J. (2022). Socioeconomic Characteristics, Purchasing Preferences and Willingness to Consume Organic Food: A Cross-Location Comparison of Nine Cities in Central Ecuador. *Foods*, 11(24).

<https://doi.org/10.3390/foods11243979>

- Moyano, A. (2024). *Estudio y evaluación de la composición nutricional de productos veganos*.
- Mulé Montse. (2017). *Claves para llevar una dieta vegana y ecológica en equilibrio Eufemismos y apariencias*. 3.
- Ozuna, C., & Franco-Robles, E. (2022). Agave syrup: An alternative to conventional sweeteners? A review of its current technological applications and health effects. *Lwt*, 162(March). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113434>
- Parada O., M., Caballero P., L. A., & Rivera, M. E. (2021). Selección Y Entrenamiento De Jueces En Cata De Café. *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 18(2), 104–124. <https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.996>
- Primicias, R. (2019). *Veganismo y vegetarianismo, dos estilos de vida que se abren espacio en Quito*. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/veganismo-vegetarianismo-estilos-vida-saludables-amigables-medio-ambiente/>
- Quitio, E. D., & Solórzano, S. J. (2018). Estudio bibliográfico de tres tipos de desamargado (tradicional, fermentación y germinación) en diferentes índices de madurez de chocho (*Lupinus mutabilis* sweet) en dos variedades (andino INIAP 450 y guaranguito iniap 451) para determinar su eficacia. *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad*, 1, 101. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>
- Ramirez, B. D. G., Osorio, M. C. E., & Pinilla, A. M. R. (2021). Evaluation of food labeling targeted to the vegetarian population in Colombia. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*, 25(4), 403–418. <https://doi.org/10.14306/renhyd.25.4.1351>
- Ramírez, K. (2019). *Evaluación de una bebida láctea fortificada con Cicer arietinum (garbanzo)*. 1–98. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3695/1/T-UTEQ-0079.pdf>
- Ramos, H., García, M. R., Moncada, M. C. Y., Antioxidantes, C., & Nutricional, Y. C. (2025). *COMPONENTES ANTIOXIDANTES Y CULTIVARES DE AGAVE PULQUERO (Agave salmiana Y A . mapisaga) ANTIOXIDANT COMPONENTS AND NUTRITIONAL QUALITY OF AGUAMIEL OF SOME CULTIVARS FROM AGAVE PULQUERO (Agave salmiana AND A . mapisaga)*. 275–293. <https://doi.org/10.18387/polibotanic>
- Rodas Espinoza, S. L., Marcatoma Tixi, J. A., Calderón, A. del R., & Cuadrado Merino, L. F. (2021). *Caracterización de la harina de cáscara de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) para aplicaciones agroindustriales y medicinales*. 3, 6–16.
- Rodríguez-Ortega, D., Zambrano, J. L., Pereira-Lorenzo, S., Torres, A., & Murillo, Á. (2024). *Lupinus mutabilis* Breeding in the Andes of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. *Agronomy*, 14(1).

<https://doi.org/10.3390/agronomy14010094>

Rossibell Setefanía Aguilar Monserrate. (2023). *LUPINUS MUTABILIS SWEET: UNA REVISIÓN DE SUS PROPIEDADES NUTRICIONALES Y TECNOFUNCIONALES, Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS HORNEADOS*.

Sanne, K., Camilla, P., Anders Peter, W., Suleyman, Özmerih Mohammad Amin, M., & Claus Heiner, B.-B. (2021). *Development of a yoghurt alternative , based on plant-adapted lactic acid bacteria , soy drink and the liquid fraction of brewers ' spent grain*. July, 1–8.

Sanvictores Terrence; Farci Fabiola. (2022). Biochemistry, Primary Protein Structure. *Europe PMC*.
<https://europepmc.org/article/NBK/>

Saraiva, A., Carrascosa, C., Ramos, F., Raheem, D., & Raposo, A. (2022). Agave Syrup: Chemical Analysis and Nutritional Profile, Applications in the Food Industry and Health Impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12).
<https://doi.org/10.3390/ijerph19127022>

Saravia, A., Perla, A., & Yanet, F. (2025). *Calidad nutricional y uso de claims en productos alimentarios envasados y bebidas analcohólicas destinados a patrones alimentarios vegetarianos y / o veganos disponibles en el mercado local* . 3(May), 31–42.

Shan, Z., Cd, R., & Rogers, G. (2019). *Supplementary Online Content*. 1999–2016.
<https://doi.org/10.1001/jama.2019.13771>

Suchiva, P., Takai, T., Kamijo, S., Maruyama, N., Yokomizo, T., Sugimoto, Y., Okumura, K., Ikeda, S., & Ogawa, H. (2021). *Inhibition of Both Cyclooxygenase-1 and -2 Promotes Epicutaneous Th2 and Th17 Sensitization and Allergic Airway Inflammation on Subsequent Airway Exposure to Protease Allergen in Mice*. 788–799. <https://doi.org/10.1159/000514975>

Swanson, K. S., Gibson, G. R., Reid, G., Verbeke, K., Scott, K. P., Holscher, H. D., Sanders, M. E., & Azad, M. B. (2020). The International Scientific Association. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-0344-2>

Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2023). *Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value*. 2019, 9263–9275.
<https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>

The Vegan Society. (2025). *El abogado Jonathan Dennis analiza los problemas que enfrentan los veganos para encontrar planes de pensiones profesionales adecuados*.
<https://www.vegansociety.com/news/blog/pension-schemes-and-vegans>

Toapanta, A. (2023). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CHOCHO, QUINUA Y CHACHAFRUTO, Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE PAN*.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

- Trejo, O. (2022). *Bacterias Ácido Lácticas Aisladas de Tomate Saladette Productoras de Péptidos Antimicrobianos Inhibidores de Patógenos Alimentarios*.
- Urrego-Pava, F., & Coy-Barrera, E. (2023). *Isoflavone Content and Nutritional-Related Properties of Debittered Seeds from Two Andean Lupin (Lupinus mutabilis Sweet) Ecotypes Propagated in Two Soils*.
- Vaca Danilo; Favier María. (2023). *Suplementación con vitaminas , minerales y otros micronutrientes durante el embarazo*. 1–12.
- Vera-Vega, M., Jimenez-Davalos, J., & Zolla, G. (2022). The micronutrient content in underutilized crops: the Lupinus mutabilis sweet case. *Scientific Reports*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19202-8>
- Villacrés, E. (2020). *ESTUDIO DEL IMPACTO DEL PROCESO DE DESAMARGADO Y FERMENTACIÓN SOLIDA SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL GRANO DE LUPINO Y SU APLICACIÓN EN PANIFICACIÓN*. <https://roderic.uv.es/items/ab2231a9-1f46-4d2c-bd34-e26a4b12a297>
- Villacres, E., Caicedo, C., & Peralta, E. (1998). *Disfrute cocinando con chocho*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/507/1/iniapsci155.pdf>
- Villacrés, E., Peralta, E., & Álvarez, M. del C. (2003). Recetario Chochos en su punto. *Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos-INIAP*, 43. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2702/1/iniapscpm118.pdf>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Segovia, G. (2006). USOS ALTERNATIVOS DEL CHOCHO. *Recetario-usos alternativos del chocho*, 1, 1–19. <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>
- Villarreal-Terán, G. L. P. (2024). *Pulverizado de chocho endulzado con panela en batidos naturales ; beneficios para la salud*. 1(3), 1–13. <https://orcid.org/0009-0003-1384-5184>
- Vives, M. (2025). *Desarrollo de un snack funcional fermentado con probióticos y prebióticos diseñado especialmente para*. 1–68.
- Wrenn, C. L. (2019). *The Vegan Society and social movement professionalization, 1944–2017*. <https://doi.org/10.1080/07409710.2019.1646484>
- Xie, A., Dong, Y., Liu, Z., Li, Z., Shao, J., & , Mohan Li, and X. Y. (2023). *A Review of Plant-Based Drinks Addressing Nutrients, Flavor, and Processing Technologies*. 1–25. <https://doi.org/10.3390/foods12213952>

ANEXOS

Anexo 1. Materias primas

Tabla 25.

Materias primas y materiales.

Materiales	Marca/ Procedencia	Uso
Chocho	Mercado Mayorista Latacunga	Materia prima
Jarabe de agave	Comercial - Orgánico Certificación vegana.	Edulcorante natural
Agua potable	-	Disolvente
Cultivo Iniciador	Comercial- Certificación vegana.	Fermentación
Frascos estériles	Laboratorio 3.1 UTA	Fermentación
Pulpa	-	Saborizante
Botellas PEAD grado alimentario	-	Almacenamiento
Estabilizante	-	Estabilizante

Anexo 2. Equipos e insumos.

Tabla 26.

Equipos e insumos.

Equipos e instrumentos	Marca/ Procedencia	Uso
Licuadora Industrial	Planta Piloto UTA	Homogeneizador
Cocina	Planta Piloto UTA	-
Incubadora	Laboratorios UTA	Fermentación y microbiología
pH - metro	Planta Piloto UTA	Determinación de pH

Brixómetro	Planta Piloto UTA	Determinación de sólidos solubles
Termómetro	Planta Piloto UTA	Medir temperaturas
Balanza	Planta Piloto UTA	Pesaje general
Balanza Analítica	Laboratorio 3.2 UTA	Pesaje de precisión
Cuarto de refrigeración	Planta Piloto UTA	Conservación de Muestras
Cámara de flujo laminar	Laboratorio 4.2 UTA	Simbras
Viscosímetro	Laboratorio	Determinación de viscosidad
Balanza de infrarrojo	Laboratorio 2.2	Determinación de humedad
Autoclave	Laboratorio 3.1 UTA	Esterilización
Contador de colonias	Laboratorio 4.2 UTA	Conteo de microorganismos

Anexo 3. Medios de cultivo y reactivos.

Tabla 27.

Medios de cultivo y reactivos.

Reactivos	Marca Procedencia	Uso
Agar VRBG	Merck - Laboratorio 4.2	Recuento Coliformes totales
Agar PCA	Meck - Laboratorio 4.2	Aerobios mesófilos
Agar PDA	Merck - Laboratorio 4.2	Mohos y levaduras
Agar MRS	Merck	Recuento probióticos
Hidróxido de Sodio	Laboratorio 3.1 UTA	Acidez titulable
Fenolftaleína	Laboratorio 3.1 UTA	Indicador

Anexo 4. Softwares y laboratorios.

Tabla 28.

Softwares y laboratorios.

Software y análisis	Uso
Programa IBM SPSS	Análisis estadístico Friedman
Excel	Modelamiento de datos y cálculos
Laboratorio LACONAL	Mediciones de parámetros fisicoquímicos y nutricionales

Anexo 5. Elaboración de los tratamientos



Figura 12. Bebida fermentada de chocho.

Anexo 6. Análisis sensorial



Figura 13. Análisis sensorial.

Anexo 7. Análisis microbiológico.

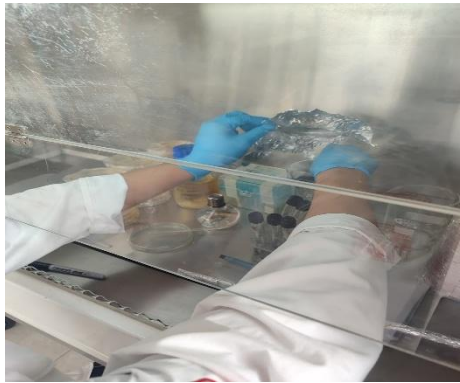


Figura 14. Análisis microbiológico.

Anexo 8. Análisis fisicoquímicos



Figura 15. Análisis fisicoquímicos.

Anexo 9. Análisis en LACONAL

01741



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

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 25-115		R01-7.8 03				
Solicitud N°: 25-115		Pág.: 1 de 1				
Fecha recepción:	28 de octubre de 2025	Fecha de ejecución de ensayos: 29 de octubre al 05 de noviembre de 2025				
Información del cliente:						
Empresa:	C.I./RUC: 0604908012					
Representante: Damaris Silva	Tlf: 0968010818					
Dirección:	Email: damarissilva852@gmail.com					
Ciudad: Riobamba						
Descripción de las muestras:						
Producto:	Bebida fermentada de yogur de chocho	Peso: 1 litro				
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: envase plástico					
Lote: n/a	No de muestras: una					
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a					
Conservación: Ambiente: Refrigeración: X Congelación:	Almac. en Lab: 15 días					
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 24 de octubre de 2025					
RESULTADOS OBTENIDOS						
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados/Técnica	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Bebida fermentada de yogur de chocho	11525294	Ninguno	Cenizas, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 930.30	%	0,177
			Proteína total, Kjeldhal	AOAC 991.2 Ed. 22, 2023	% (N x 6,25)	3,89
			Sólidos Totales, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 927.05	%	25,4
			Grasa, Gravimetría	AOAC Ed. 22, 2023 2003.06	%	2,88
			Fibra dietética total, Gravimétrico-Enzimática	AOAC 985.29 Ed. 22, 2023	%	0,875
			Carbohidratos Totales, Cálculo		%	18
			Energía, Cálculo		kcal/100g	112
					kJ/100g	468
			pH, Potenciometría	AOAC 942.15 Ed. 22, 2023	Unidades pH	6,06
			Acidez, Potenciometría	INEN 13	% ácido oleico	0,698
			Densidad, Volumetría	AOAC 925.22 Ed. 22, 2023 / INEN 11	g/cm³	1,0212
			Conds. Ambientales: 20,3°C; 56,9%HR			
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad						
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si Fecha de emisión del certificado: 06 de Noviembre de 2025						
Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos en base a la muestra entregada por el cliente. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente. "La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".						

Figura 16. Análisis realizados en LACONAL.

Anexo 10. Hoja de cata



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



HOJA DE CATACIÓN

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA BEBIDA VEGANA ALTERNATIVA AL
YOGUR A BASE DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis*), ENDULZADA CON JARAVE DE AGAVE
(*Agave americana*).

Nombre: _____

Fecha: ____ / ____ / ____

Instrucciones:

- Deguste las muestras en el orden que se le indique.
- Enjuáguese la boca con agua entre cada muestra.
- No comente sus opiniones con otros catadores.
- Escriba el número que mejor represente su percepción según la escala indicada.

HOJA DE RESPUESTAS

I. Evaluación Hedónica

COLOR

Características	398	275	143	890	627	514	752
1. Me disgusta mucho							
2. Me disgusta							
3. Ni me gusta ni me disgusta							
4. Me gusta							
5. Me gusta Mucho							

OLOR

Características	398	275	143	890	627	514	752
1. Me disgusta mucho							
2. Me disgusta							
3. Ni me gusta ni me disgusta							
4. Me gusta							
5. Me gusta Mucho							

Figura 17. Prueba de aceptabilidad.

SABOR

Características	398	275	143	890	627	514	752
1. Me disgusta mucho							
2. Me disgusta							
3. Ni me gusta ni me disgusta							
4. Me gusta							
5. Me gusta Mucho							

TEXTURA

Características	398	275	143	890	627	514	752
1. Me disgusta mucho							
2. Me disgusta							
3. Ni me gusta ni me disgusta							
4. Me gusta							
5. Me gusta Mucho							

ACEPTABILIDAD

Características	398	275	143	890	627	514	752
1. Me disgusta mucho							
2. Me disgusta							
3. Ni me gusta ni me disgusta							
4. Me gusta							
5. Me gusta Mucho							

Figura 18. Prueba de aceptabilidad.



II. Evaluación Descriptiva

Evalúe cada yogur en la escala de:

Escala de intensidad (1 a 5):

1 = Muy bajo 2 = Bajo 3 = Moderada 4 = Alto 5 = Muy Alto

Atributo	398	275	143	890	627	514	752
Color característico (frutos rojos)							
Brillo							
Sabor ácido							
Sabor dulce							
Sabor lácteo							
Sabor afrutado							
Amargor							
Viscosidad							
Cremosidad							
Aroma lácteo							
Aroma afrutado							
Aroma ácido							
Aceptabilidad							

III. Comentarios

Figura 19. Prueba descriptiva.