



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIAS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieros Agroindustriales

Autores:

Doicela Castellano Jhoel Rafael
Montatixe Caizaluisa Johanna Maite

Tutor:

Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

LATACUNGA –ECUADOR
Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Doicela Castellano Jhoel Rafael, con cédula de ciudadanía No. 0504215021 y Montatixe Caizaluisa Johanna Maite con cédula de ciudadanía No. 1728545524, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL”** siendo el Ingeniero Mg. Renato Agustín Romero Corral, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 17 febrero del 2026

Jhoel Rafael Doicela Castellano

C.C: 0504215021

ESTUDIANTE

Johanna Maite Montatixe Caizaluisa

C.C: 1728545524

ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **DOICELA CASTELLANO JHOEL RAFAEL** identificado con cédula de ciudadanía **0504215021** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022-Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL**”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

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

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2026.

Jhoel Rafael Doicela Castellano
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MONTATIXE CAIZALUISA JOHANNA MAITE** identificada con cédula de ciudadanía **1728545524** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022-Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.

Tema: “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL**”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 17 días del mes de febrero del 2026.

Johanna Maite Montatixe Caizaluisa
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL” de Doicela Castellano Jhoel Rafael y Montatixe Caizaluisa Johanna Maite, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de febrero del 2026

Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg.
C.C: 1717122483
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Doicela Castellano Jhoel Rafael y Montatixe Caizaluisa Johanna Maite, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 17 de febrero del 2026

Ing. Zoila Eliana Zambrano Ochoa, Mg.

C.C: 0501773931

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Ana Maricela Trávez Castellano, Mg.

C.C: 0502270937

LECTOR 2 (MIEMBRO)

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, PhD.

C.C: 0502645435

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la vida, la salud y la fortaleza que hicieron posible culminar esta etapa de mi camino.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haberme brindado la oportunidad de formarme académica y profesionalmente en sus aulas, permitiéndome desarrollar conocimientos, habilidades y valores fundamentales para mi futuro desempeño. A los docentes de la carrera de Agroindustria, quienes con su dedicación, experiencia y vocación de enseñanza compartieron sus saberes a lo largo de estos cuatro años, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento intelectual, científico y humano. Su guía, apoyo y compromiso con la formación de profesionales íntegros fueron pilares esenciales en este proceso educativo. En particular doy gracias a mi tutor Ing. Renato Romero Corral por su paciencia, acompañamiento continuo y sus valiosas recomendaciones a lo largo de este camino académico fueron determinantes para lograr la culminación exitosa de este trabajo. Así mismo a los lectores por su orientación en la mejora de este proyecto

Jhoel Rafael Doicela Castellano

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía constante en cada paso de este camino.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, por abrirme sus puertas y permitirme formarme profesionalmente. Gracias a sus docentes de excelencia, con enfoque humano y compromiso académico, así como a los recursos y herramientas proporcionados, fue posible consolidar los conocimientos que han contribuido significativamente a mi desarrollo académico y personal desde el primer día.

Mi profundo reconocimiento al Ing. Renato Romero, tutor de este trabajo, por su paciencia, apoyo constante y valiosa orientación durante todo el proceso investigativo. Su acompañamiento, criterio técnico y dedicación fueron fundamentales para la culminación exitosa de este proyecto.

Finalmente, agradezco a los lectores del tribunal por su disposición, tiempo y valiosas observaciones, así como por el apoyo brindado en esta etapa final de mi formación profesional.

Johanna Maite Montatixe Caizaluisa

DEDICATORIA

Desde el silencio agradecido del alma, reconozco a Dios como el aliento invisible que sostuvo mi caminar, la luz serena que dio sentido a cada prueba superada. Sus dones, sembrados a lo largo de este trayecto, florecieron en aprendizaje y marcaron para siempre esta etapa trascendental de mi vida.

A mi madre Susana Castellano, mi fundamento esencial, la luz que guio mis pasos, a mi padre Jose Doicela quien fue mi fuente de inspiración en este camino a pesar de la distancia. Gracias por su amor incondicional, sus palabras de aliento y por ser mi ejemplo de resiliencia, esfuerzo y dedicación. Su guía diaria fue el faro que oriento a cada paso en la culminación de este logro.

A mi hermano, Ing. Edgar Doicela quien camino conmigo incluso cuando el camino parecía incierto, A mis hermanas Lic. Patricia Doicela, Evelin Doicela, Carla Doicela quienes me encaminaron en este proyecto y dieron inicio con gran euforia a uno de los logros más importantes en mi vida. Por la educación, principios, valores y disciplina que cada uno impartió en mi formación personal y profesional. A mi tío, Jorge Vizuite, por enseñarme, con el ejemplo, que el esfuerzo sostenido siempre se transforma en una recompensa significativa.

Este logro no nace del esfuerzo, sino de la resiliencia que se forjo en la duda, de la redención que trajo cada tropiezo y de la lucidez que apareció cuando todo parecía confuso. En cada paso hubo transcendencia, por que aprender fue más que avanzar. Que este resultado sea testimonio de la gratitud así mi familia.

Jhoel Rafael Doicela Castellano

DEDICATORIA

Con profunda gratitud, agradezco a Dios por brindarme la fuerza, la paciencia y la serenidad necesarias para sostenerme en cada momento en que lo necesité, así como por las bendiciones recibidas durante esta etapa tan importante de mi vida.

A mi madre, Ginna Montatixe, mi mayor inspiración y el motor que me impulsó a no rendirme jamás. Gracias por su amor incondicional, por su constante apoyo, por cada palabra de aliento y por ser mi ejemplo de perseverancia, esfuerzo y entrega. Su guía diaria ha sido fundamental para alcanzar este logro.

A mi tío, Ricardo Montatixe, quien asumió con amor y responsabilidad el papel de padre, educándome desde pequeña con valores, disciplina y principios que han marcado mi formación personal y profesional. A pesar de la distancia, su presencia, apoyo y orgullo han sido siempre una fortaleza para mí.

Dedico este logro también a mis hermanas, Kerly Montatixe y Yesenia Roldán, mis compañeras de vida, por estar a mi lado en cada etapa de este proceso, brindándome apoyo incondicional, comprensión y cariño, convirtiéndose en un pilar fundamental durante este camino.

Johanna Maite Montatixe Caizaluisa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL”

Autores:

Doicela Castellano Jhoel Rafael
Montatixe Caizaluisa Johanna Maite

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres cepas de levadura: Fermivin 4F9 (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus*), SafAle S-04 (*Saccharomyces cerevisiae*) y Lalvin EC-1118 (*Saccharomyces cerevisiae* ex. *Bayanus*) en la producción de hidromiel, utilizando miel como sustratos. La miel de abeja utilizada cumplía los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 1572:2016.

Se formularon mostos con concentraciones iniciales de sólidos solubles de 18, 21 y 24 °Brix (mezcla de miel y agua purificada) y se realizó dos fases de fermentación con un total de 45 días. Durante el proceso fermentativo se evaluaron los parámetros fisicoquímicos (contenido de alcohol, pH, densidad, sólidos solubles y acidez) y los atributos sensoriales (aspecto visual, aroma, sabor y aceptabilidad general) utilizando una hoja de cata QDA aplicada a 15 catadores semientrenados. El análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos se realizó mediante un diseño factorial completamente aleatorizado 3×3 , los datos se sometieron a ANOVA para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

La interacción de los resultados fisicoquímicos y sensoriales mostró que el tratamiento I, formulado con una concentración inicial de 24 °Brix e inoculado con levadura Fermivin 4F9, presentó los mejores atributos. Se obtuvo una disminución de los sólidos solubles hasta 7,04 °Brix, una densidad final de 1,031 g/ml, un contenido de alcohol del 9,83 % v/v y un pH final de 3,6.

Desde una perspectiva sensorial, el hidromiel obtenido mostró un equilibrio adecuado entre dulzor, contenido alcohólico y demás atributos organolépticos, logrando la mayor aceptación por parte de los evaluadores. Además, el análisis nutricional determinó un valor energético de 42,24 kcal/100 g y un valor de carbohidratos de 10,56 g/100 g; asimismo, la capacidad antioxidante fue de 3,43 µg de ácido gálico/ml. El análisis microbiológico registró recuentos de mohos y levaduras inferiores a 10 UFC/g, así como la ausencia de *Salmonella spp.*

En general, los resultados obtenidos proporcionan información relevante para la selección adecuada de cepas de levadura en el proceso de producción de hidromiel, contribuyendo al aprovechamiento de la miel de abeja.

Palabras clave: Hidromiel, cepas de levadura, *Saccharomyces cerevisiae*, miel, fermentación, parámetros fisicoquímicos, atributos sensoriales, análisis microbiológico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “EVALUATION OF THE EFFECT OF THREE TYPES OF YEAST STRAINS (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) ON THE FERMENTATIVE AND SENSORY PROPERTIES OF MEAD”

Authors:

Doicela Castellano Jhoel Rafael
Montatixe Caizaluisa Johanna Maite

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of three yeast strains: Fermivin 4F9 (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus*), SafAle S-04 (*Saccharomyces cerevisiae*), and Lalvin EC-1118 (*Saccharomyces cerevisiae* ex. *Bayanus*) on the production of mead, using honey as substrate. The honey used met the requirements established in standard NTE INEN 1572:2016.

Musts were formulated with initial soluble solid concentrations of 18,21 and 24 °Brix (mixture of honey and purified water) and two fermentation stages were carried out over a total of 45 days. During the fermentation process, physicochemical parameters (alcohol content, pH, density, soluble solids, and acidity) and sensory attributes (visual appearance, aroma, flavor, and overall acceptability) were evaluated using a QDA tasting sheet applied to 15 semi-trained tasters. Statistical analysis of the physicochemical parameters was performed using a completely randomized 3 × 3 factorial design, and the data were subjected to ANOVA to determine significant differences between treatments.

The combined analysis of physicochemical and sensory results showed that treatment I, formulated with an initial concentration of 24 °Brix and inoculated with Fermivin 4F9 yeast, presented the best attributes. A decrease in soluble solids to 7,04 °Brix, a final density of 1,031 g/ml, an alcohol content of 9,83% v/v, and a final pH of 3,6 were obtained.

From a sensory perspective, the mead obtained showed an adequate balance between sweetness, alcohol content, and other organoleptic attributes, achieving the highest acceptance by the evaluators. In addition, nutritional analysis determined an energy value of 42,24 kcal/100 g and a carbohydrate value of 10,56 g/100 g; likewise, the antioxidant capacity was 3,43 µg of gallic acid/ml. Microbiological analysis recorded mold and yeast counts below 10 CFU/g, as well as the absence of *Salmonella* spp.

Overall, the results obtained provide relevant information for the appropriate selection of yeast strains in the mead production process, contributing to the use of honey.

Keywords: Mead, yeast strains, *Saccharomyces cerevisiae*, honey, fermentation, physicochemical parameters, sensory attributes, microbiological analysis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
1 INFORMACIÓN GENERAL	2
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1 Planteamiento del problema	3
2.2 Marco Contextual	4
2.3 Formulación del problema.....	5
2.4 Objetivos.....	5
2.4.1 Objetivo General.....	5
2.4.2 Objetivos Específicos	5
2.5 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	5
2.6 Fundamentación Teórica o Marco Referencial	8
2.6.1 Marco Teórico	8
2.6.2 Marco Conceptual.....	23

2.7 Metodología del Proyecto de Investigación	26
2.7.1 Tipos de investigación.....	26
2.7.2 Métodos de investigación	27
2.7.3 Técnicas de investigación.....	28
2.7.4 Instrumentos de investigación	29
2.7.5 Materiales, insumos y equipos utilizados en la elaboración del hidromiel	29
2.7.6 Procedimiento para la elaboración del hidromiel	31
2.7.7 Diagrama de flujo del proceso de elaboración del hidromiel.....	41
2.7.8 Metodologías empleadas para el análisis proximal de la miel de abeja	42
2.7.9 Metodologías empleadas en los análisis fisicoquímicos del hidromiel.....	45
2.7.10 Metodología empleada en el análisis sensorial.....	49
2.7.11 Metodologías empleadas en el análisis nutricional del mejor tratamiento	52
2.7.12 Metodología del análisis microbiológico del mejor tratamiento	52
2.7.13 Determinación de capacidad antioxidante del mejor tratamiento	52
2.8 Hipótesis y Preguntas científicas	52
2.8.1 Hipótesis nula	52
2.8.2 Hipótesis alternativa	52
2.8.3 Validación de hipótesis.....	52
2.9 Diseño experimental.....	53
2.9.1 Factores de estudio	53
2.9.2 Tratamientos de estudio.....	53
2.9.3 Variables e indicadores.....	54
2.9.4 Modelo matemático para los análisis fisicoquímicos de los tratamientos.....	55
2.10 Análisis y discusión de resultados	56
2.10.1 Análisis proximal de la miel de abeja.....	56

2.10.2	Parámetros físico-químicos de los tratamientos obtenidos en la elaboración de hidromiel aplicando distintos tipos de levadura y concentración de sólidos solubles iniciales.....	57
2.10.3	Comportamiento fermentativo del hidromiel durante el período de fermentación (45 días)	70
2.10.4	Parámetros sensoriales evaluados en el hidromiel	74
2.10.5	Análisis nutricional y microbiológicos aplicado al mejor tratamiento obtenido en la producción del hidromiel.....	81
3	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	83
3.1	Técnico	83
3.2	Social	84
3.3	Ambiental	84
3.4	Económico	84
4	RECURSOS Y PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL HIDROMIEL	84
5	CONCLUSIONES	87
6	RECOMENDACIONES	89
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cuadro de actividades</i>	6
Tabla 2. <i>Composición proximal de la miel de abeja</i>	15
Tabla 3. <i>Características técnicas de las tres cepas de levadura</i>	18
Tabla 4. <i>Parámetros evaluados en la miel de abeja</i>	32
Tabla 5. <i>Porcentajes de concentraciones de acuerdo a los sólidos solubles</i>	32
Tabla 6. <i>Cantidades y temperatura de inoculación de las levaduras</i>	35
Tabla 7. <i>Descripción de los parámetros sensoriales analizados</i>	50
Tabla 8. <i>Cuadro de factores de estudio</i>	53
Tabla 9. <i>Cuadro de tratamientos de estudio</i>	53
Tabla 10. <i>Variables e indicadores</i>	55
Tabla 11. <i>Variables e indicadores del mejor tratamiento</i>	55
Tabla 12. <i>Esquema de Anova para el análisis fisicoquímico</i>	56
Tabla 13. <i>Resultados del análisis proximal de la miel de abeja</i>	56
Tabla 14. <i>Análisis de varianza del % alcohol v/v</i>	57
Tabla 15. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre el % alcohol v/v</i>	58
Tabla 16. <i>Análisis de varianza del pH</i>	59
Tabla 17. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre el pH</i>	60
Tabla 18. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto de los sólidos solubles iniciales sobre el pH</i>	61
Tabla 19. <i>Análisis de varianza de la densidad final</i>	62
Tabla 20. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre la densidad</i>	63
Tabla 21. <i>Análisis de varianza de los sólidos solubles finales</i>	64
Tabla 22. <i>Prueba Tukey del efecto del tipo de levadura sobre los sólidos solubles finales</i>	65
Tabla 23. <i>Prueba Tukey del efecto de la concentración de sólidos solubles iniciales sobre los sólidos solubles finales</i>	66
Tabla 24. <i>Análisis de varianza de la acidez final</i>	67
Tabla 25. <i>Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre la acidez</i>	68
Tabla 26. <i>Resultados del análisis nutricional del mejor tratamiento</i>	81
Tabla 27. <i>Resultados de los análisis microbiológicos del mejor tratamiento</i>	82
Tabla 28. <i>Resultados de la capacidad antioxidante del mejor tratamiento</i>	83
Tabla 29. <i>Presupuesto</i>	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Principales provincias con actividad apícola en Ecuador</i>	10
Figura 2. <i>Recepción de la miel de abeja</i>	31
Figura 3. <i>Ajuste de concentraciones de sólidos solubles (°Brix)</i>	33
Figura 4. <i>Filtrado inicial de los tratamientos</i>	33
Figura 5. <i>Pasteurización inicial de los tratamientos</i>	34
Figura 6. <i>Enfriamiento de los tratamientos mediante baño María</i>	34
Figura 7. <i>Inoculación de los diferentes tipos de levaduras</i>	35
Figura 8. <i>Primera fermentación de los tratamientos</i>	36
Figura 9. <i>Trasvase de los tratamientos del hidromiel</i>	36
Figura 10. <i>Segunda fermentación de los tratamientos</i>	37
Figura 11. <i>Segundo trasiego de los tratamientos</i>	37
Figura 12. <i>Clarificación de los tratamientos</i>	38
Figura 13. <i>Filtrado final de los tratamientos</i>	38
Figura 14. <i>Pasteurización final de los tratamientos del hidromiel</i>	39
Figura 15. <i>Envasado del hidromiel</i>	39
Figura 16. <i>Almacenamiento del producto final</i>	40
Figura 17. <i>Diagrama de flujo del proceso de producción del hidromiel</i>	41
Figura 18. <i>Escala lineal de medición</i>	50
Figura 19. <i>Niveles de contenido alcohólico durante los 45 días de fermentación para la obtención del hidromiel</i>	70
Figura 20. <i>Niveles de pH durante los 45 días de fermentación para obtención del hidromiel</i>	71
Figura 21. <i>Niveles de densidad durante los 45 días de fermentación para obtención del hidromiel</i>	72
Figura 22. <i>Niveles de sólidos solubles durante los 45 días de fermentación para obtención del hidromiel</i>	73
Figura 23. <i>Resultados del análisis sensorial en el aspecto visual</i>	75
Figura 24. <i>Resultados del análisis sensorial en aspecto aromático</i>	76
Figura 25. <i>Resultados del análisis sensorial del aspecto gustativo</i>	77
Figura 26. <i>Resultados del análisis sensorial del aspecto gustativo</i>	79

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las bebidas alcohólicas fermentadas han constituido un componente fundamental de la cultura humana y de los espacios de socialización a lo largo de los siglos, evolucionando desde preparaciones empíricas hasta productos elaborados mediante procesos tecnológicamente controlados, orientados a satisfacer las exigencias sensoriales y la calidad de diversos consumidores (Quiroga, 2018). En este contexto, el hidromiel se define como una bebida alcohólica obtenida a partir de la fermentación de una solución de miel y agua, cuyo origen histórico se remonta a la Europa medieval. Si bien su consumo en Ecuador es aún limitado en comparación con otras bebidas fermentadas, en los últimos años ha despertado un creciente interés debido a su potencial sensorial, nutricional y funcional, así como por su valor cultural (Jara, 2023).

El hidromiel se produce mediante la acción de levaduras del género *Saccharomyces*, responsables de la fermentación de los azúcares presentes en un sustrato compuesto por agua y miel de abeja, cuya concentración de sólidos solubles puede variar en función del tipo de formulación empleada. Como resultado de este proceso, la bebida puede alcanzar concentraciones alcohólicas comprendidas entre 8 % y 14 % v/v, producto de la transformación de los azúcares fermentables de la miel y de la incorporación de nutrientes que favorecen el adecuado desarrollo metabólico del fermento (Ramalhosa et al., 2011).

Desde el punto de vista composicional, la miel de abeja contiene aproximadamente 180 compuestos diferentes, entre los que se destacan el agua, los azúcares simples, los aminoácidos libres, las proteínas, las enzimas, los minerales esenciales, las vitaminas y diversos compuestos fitoquímicos (Escuredo et al., 2013). Estas componentes influyen directamente en los métodos de extracción de la miel y, en última instancia, determinan sus propiedades físicas, químicas y sensoriales.

Algunos estudios han evaluado los mejores métodos para producir hidromiel. Los estudios de García (2022) y Cajas (2019), demostraron que una densidad inicial de 20 °Brix permite producir hidromiel con un contenido alcohólico de alrededor de 8,5 % v/v al final de la fermentación. De manera similar, el análisis llevado a cabo por Caicedo et al. (2023), evidenció que los hidromieles elaborados con miel procedente de la provincia de Pichincha lograron las puntuaciones más altas en la evaluación sensorial y fueron elegidos para su uso ideal. Este producto

mostró un valor de 8,4 °Brix, un pH de 3,95, una acidez titulable de 3,6 g/L y un contenido de alcohol del 8 % v/v.

En años recientes, la investigación en la producción de hidromiel se ha enfocado mayormente en la elección de cepas de levadura que presenten alta eficiencia en la fermentación y en el análisis de la madurez de los sólidos solubles (°Brix), con el propósito de agregar valor e innovar en el sector vitivinícola mediante el desarrollo de bebidas alcohólicas. En este contexto, este trabajo se orienta a evaluar el efecto del uso de tres tipos de levadura del género *Saccharomyces cerevisiae* durante el proceso de fermentación alcohólica para la obtención de hidromiel, con la finalidad de identificar la cepa con mejor desempeño fermentativo y establecer las condiciones más adecuadas para el desarrollo de un producto de calidad.

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES TIPOS DE CEPAS DE LEVADURA (*Saccharomyces Cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces Cerevisiae*, *Saccharomyces Cerevisiae* ex. *Bayanus*) EN LAS PROPIEDADES FERMENTATIVAS Y SENSORIALES DEL HIDROMIEL"

Fecha de inicio: Marzo 2025

Fecha de finalización: Marzo 2026

Lugar de ejecución:

Barrio: Salache Bajo

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Zona: 3

Institución que auspicia: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

Carrera que auspicia: Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. Renato Agustín Romero Corral, Mg. (*Anexo 1*)

Investigador 1: Doicela Castellano Jhoel Rafael (*Anexo 2*)

Investigador 2: Montatixe Caizaluisa Johanna Maite (*Anexo 3*)

Área de Conocimiento: Ingeniería, industria y construcción.

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

Sub línea de investigación: Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

En Ecuador, la industria apícola está muy desarrollada y el 85 % de la miel de abeja proviene de flores silvestres. Además de la miel de abeja, también se producen en grandes cantidades otros productos apícolas, como el polen (5 %), el propóleo (6 %) y la jalea real (1 %) (Ojeda, 2017). El 90 % de la miel de abeja se produce en zonas rurales, frente a solo el 10 % en zonas urbanas, lo que demuestra que esta actividad la realizan principalmente las poblaciones rurales siendo su economía principal. Además, en el país hay alrededor de 22,631 colmenas que son atendidas por 2,034 apicultores, quienes cada año producen entre 10,5 y 15,5 kilogramos de miel de abeja por colmena (MAG, 2020).

A pesar de su alto potencial, el sector apícola en Ecuador todavía enfrenta obstáculos debido a la escasa variedad y al bajo valor añadido de la miel de abeja, ya que la mayoría se comercializa en estado bruto. Esta situación disminuye las ganancias del sector y los ingresos de los apicultores, dificultando la creación de productos con un mejor valor en el mercado, como son las bebidas fermentadas a partir de la miel de abeja (Fraresso, 2022).

En el contexto de la industria nacional de bebidas fermentadas, existen pocas iniciativas orientadas al aprovechamiento de la miel de abeja como materia prima principal (Puga, 2024). Asimismo, la limitada disponibilidad de información técnica y de procesos estandarizados de elaboración dificulta el control adecuado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos durante la fermentación, lo que impide garantizar la calidad, estabilidad e inocuidad del producto final. La mayoría de los informes se refieren a aplicaciones manuales o estudios experimentales y no profundizan en las variables fundamentales del proceso de fermentación (Cardoso & Reis, 2024).

Uno de los factores más importantes en el proceso de producción del hidromiel es la selección de las cepas de levadura, ya que esto influye directamente en la conversión del azúcar en etanol, la eficacia de la fermentación y el desarrollo de las características organolépticas del producto final. No obstante, en Ecuador no se ha llevado a cabo un análisis sistemático sobre cómo

las distintas variedades de levadura afectan las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del hidromiel. Por este motivo, resulta crucial identificar y analizar las variedades de levadura que facilitan la mejora del proceso de fermentación y propician un producto con estándares de calidad aceptables. Esto ayudará a la industrialización de la miel de abeja y al incremento del valor de la industria apícola en Ecuador (García, 2022).

2.2 Marco Contextual

El hidromiel se produce a partir de la fermentación de miel de abeja diluida en agua y levaduras, cuyo proceso de producción se sustenta en principios biotecnológicos similares a los aplicados en la elaboración de otras bebidas fermentadas, como el vino y la cerveza (Díaz, 2020). En la actualidad, este producto ha despertado un creciente interés tanto en el ámbito artesanal como en el industrial, impulsado por la revalorización de bebidas tradicionales, el aumento de la demanda de productos naturales y funcionales, y el potencial de innovación tecnológica asociado a la aplicación de procesos de fermentación controlada.

La apicultura en el sector económico del Ecuador es importante ya que proporciona materias primas con un alto valor nutricional y propiedades funcionales, entre las que destaca especialmente la miel de abeja (MAG, 2020). Sin embargo, una parte importante de la producción nacional se destina principalmente al consumo directo, lo que refleja la limitada variedad de productos con mayor valor agregado. Esta situación refleja la necesidad de reforzar la investigación científica y el desarrollo tecnológico, haciendo hincapié en la optimización de los procesos de producción agrícola, con el fin de aumentar la diversidad de los productos apícolas y mejorar la competitividad del sector apícola.

La fermentación del hidromiel está influenciada por diversos aspectos tanto técnicos como microbiológicos. Factores como el nivel inicial de azúcar, medido en °Brix, la variedad de levadura utilizada, la provisión de nutrientes y las condiciones de fermentación. Estas variables impactan directamente en el metabolismo de la levadura, ya que modifican elementos clave como el pH, la acidez titulable, la cantidad de sólidos solubles, el porcentaje de alcohol y las características sensoriales de la bebida. Por lo tanto, es fundamental controlar y evaluar estos factores para garantizar la estabilidad, la seguridad y la aceptación del producto final (Acosta, 2012).

Desde una perspectiva académica y experimental, la presente investigación se desarrolla en un contexto orientado al análisis y evaluación de procesos fermentativos aplicados a bebidas elaboradas a partir de miel de abeja. El estudio tiene como propósito evaluar el efecto de tres tipos

de levaduras del género *Saccharomyces* aplicadas en distintos tratamientos fermentativos sobre la calidad fisicoquímica y sensorial del hidromiel. Los resultados obtenidos permitirán generar información técnica y científica relevante que contribuya al fortalecimiento del conocimiento sobre bebidas fermentadas a base de miel, constituyéndose además en un referente para futuras investigaciones y para el desarrollo productivo en los sectores agroindustrial y biotecnológico.

2.3 Formulación del problema

¿Cómo incide el efecto de tres cepas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae* ex. *Bayanus*) y de las diferentes concentraciones de agua y miel de abeja en las propiedades fermentativas y sensoriales del hidromiel?

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto del uso de tres tipos levadura (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces cerevisiae* ex. *Bayanus*) en el proceso de fermentación alcohólica para la obtención del hidromiel.

2.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la miel de abeja mediante un análisis proximal.
- Determinar el mejor tratamiento de hidromiel a partir de sus propiedades fermentativas y sensoriales.
- Determinar la composición nutricional, microbiológico y capacidad antioxidante del mejor tratamiento.

2.5 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

En la tabla N°1, se detallan las actividades a desarrollar dentro del proyecto de investigación.

Tabla 1. Cuadro de actividades

Objetivo 1	Actividad	Metodología	Resultados
Caracterizar la miel de abeja mediante un análisis proximal	Determinación de los parámetros proximales de la miel de abeja: <ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Azúcares totales • Proteínas • Acidez libre • pH • Ceniza 	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de humedad método INEN ISO 1442 • Contenido de azúcares totales método AOAC 977.20 • Contenido de proteínas INEN ISO 937 • Determinación de la acidez libre INEN 1634 • Determinación del pH método INEN ISO 1842:2020 • Contenido de sustancias minerales (cenizas) INEN ISO 936 	Se realizó el análisis de humedad, azúcares totales, proteína, acidez libre, pH y contenido de cenizas en la muestra de miel de abeja. En la tabla N° 13 se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados.
Objetivo 2	Actividad	Metodología	Resultados
Determinar el mejor tratamiento del hidromiel a partir de sus propiedades fermentativas y sensoriales	Determinación de los factores de estudio: <ul style="list-style-type: none"> • Concentración de sólidos solubles iniciales. • Tipo de levadura Obtención del hidromiel. Determinación del mejor tratamiento a partir de las propiedades fermentativas: <ul style="list-style-type: none"> • Contenido de alcohol (% v/v) • pH • Densidad inicial - final • Sólidos solubles • Acidez 	Metodología del proceso de obtención del hidromiel: <ul style="list-style-type: none"> • Proceso de elaboración de hidromiel (Cajas, 2019). Metodología de las propiedades fermentativas: <ul style="list-style-type: none"> • Contenido de alcohol método NTE INEN 2322 • pH método NTE INEN 2325 • Densidad: NTE INEN 857:2010 • Sólidos solubles NMX-F-103-NORMEX-2009 • Acidez total método NTE INEN 2323 Diseño experimental del análisis fisicoquímico: <ul style="list-style-type: none"> • Diseño factorial completamente aleatorizado de tipo 3 × 3. Análisis sensorial mediante la ficha QDA (<i>Quantitative Descriptive Analysis</i>), conforme a la metodología descrita por Liria (2007).	Obtención del hidromiel en sus diferentes tratamientos. En la figura N°17 se muestra el diagrama de flujo de la elaboración del hidromiel. El análisis de resultados del diseño experimental. Se evidencian desde la tabla N° 14-25. Los resultados de los análisis fisicoquímicos se presentan en las figuras N° 19-22, mientras que los resultados de los análisis sensoriales correspondientes a los tratamientos evaluados se muestran en las figuras N° 23-26.

	<p>Determinación del mejor tratamiento mediante un análisis sensorial. Parámetros de medición:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aspecto visual • Aspecto aromático • Aspecto gustativo • Aceptabilidad general 		<p>Determinación del mejor tratamiento.</p>
Objetivo 3	Actividad	Metodología	Resultados
<p>Determinar la composición nutricional, microbiológico y capacidad antioxidante del mejor tratamiento.</p>	<p>Determinar mediante análisis de laboratorio las características del mejor tratamiento.</p> <p>Análisis Nutricionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valor energético • Carbohidratos totales • Sólidos solubles • Proteínas • Grasas totales • Contenido de alcohol (% v/v) <p>Análisis Microbiológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mohos y Levaduras • <i>Salmonella ssp.</i> <p>Capacidad antioxidante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Captura de radicales libres (DPPH). 	<p>Análisis Nutricionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Método de ensayo para el valor energético mediante cálculo • Método de ensayo para determinar los carbohidratos totales mediante cálculo • Determinación de sólidos solubles NMX-F-103-NORMEX-2009 • Método de ensayo en Proteínas PEE-AN-02-FQ/INEN ISO 937 • Método de ensayo de grasas totales PEE-AN-03-FQ/INEN ISO 1443 • Métodos de ensayo del contenido de alcohol INEN 2322 <p>Análisis microbiológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recuento de Mohos y Levaduras NTE INEN 1529-10 • Detección de <i>Salmonella ssp.</i> NTE-INEN 1529-15 <p>Capacidad Antioxidante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotometría/DPPH 	<p>La obtención e interpretación de los resultados del análisis nutricional se muestran en la tabla N° 26, los resultados microbiológicos se detallan en la tabla N° 27 y la capacidad antioxidante del mejor tratamiento se expone en la Tabla N° 28.</p>

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.6 Fundamentación Teórica o Marco Referencial

2.6.1 Marco Teórico

2.6.1.1 Antecedentes

En este documento se consideraron como antecedentes distintos estudios académicos, tales como:

El artículo de investigación titulado “*Elaboración de hidromiel a partir de dos variedades de miel de abeja*”, desarrollado por Caicedo et al. (2023), tuvo como objetivo comparar las características organolépticas de hidromieles elaboradas a partir de miel de abeja procedente de las provincias de Pichincha y Chimborazo. Para ello, se establecieron los siguientes parámetros estándar: contenido de sólidos solubles de 21 °Brix, pH de 3,5 y temperatura de fermentación entre 20 y 22 °C durante 45 días. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los procesos evaluados, lo que puede explicarse por el origen botánico y geográfico de la miel utilizada. Más concretamente, el hidromiel elaborado con miel recolectada en la provincia de Pichincha presentó mejores características de fermentación que el hidromiel elaborado con miel recolectada en la provincia de Chimborazo y obtuvo una puntuación más alta en las características sensoriales evaluadas.

Se llevó a cabo un estudio académico titulado “*Determinación de la cinética de fermentación y propiedades organolépticas de hidromiel*”, desarrollada por García (2022), el estudio se centró en evaluar la cinética de fermentación del hidromiel producido por tres cepas de *Saccharomyces cerevisiae*: levadura comercial de panadería, levadura de cerveza y levadura especialmente desarrollada para la producción de hidromiel. El proceso de fermentación se llevó a cabo con concentraciones iniciales de sólidos solubles de 10, 15, 20 y 25 °Brix para determinar los parámetros cinéticos del proceso. Los resultados obtenidos evidenciaron que la levadura comercial Fermentis SafAle T-58 permitió obtener un hidromiel con mejores características organolépticas en comparación con las demás levaduras evaluadas.

El artículo investigativo “*Análisis comparativo de dos tipos de levaduras Saccharomyces cerevisiae y Saccharomyces bayanus en una bebida fermentada a base de arroz*” realizado por Yancha & Delgado (2025), en el cual se llevó a cabo un estudio comparativo en el uso de las levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces bayanus*, a partir del cual se definió la elaboración de una bebida fermentada de arroz con la finalidad de verificar el efecto de ambas

levaduras sobre los parámetros fisicoquímicos, el contenido alcohólico y la aceptabilidad sensorial del producto obtenido. Las levaduras mostraron una actividad fermentativa similar, no tuvieron producción de metanol y tuvieron una buena aceptación sensorial, lo que significó que ambas levaduras son viables para la elaboración de esta bebida.

La tesis de grado “*Impacto de la aplicación de tres variedades de levaduras (S. cerevisiae, S. pastorianus, S. bayanus) en la producción de cerveza artesanal tipo lager*” fundamentada por Benites (2021), dentro de la cual se determinó el efecto de las tres variedades de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces pastorianus* y *Saccharomyces bayanus*, en la elaboración del tipo lager de cerveza artesanal. Para ello, se intentó comprobar cuál de ellas sería la que mostrase mayor incidencia sobre las propiedades organolépticas del producto en cuestión y en la duración la vida útil del mismo. Para la evaluación se tuvieron en cuenta concentraciones celulares, pH, temperatura y oxigenación observando, así como el control de estos parámetros tuvo un impacto directo en la calidad fermentativa y sensorial del producto.

El trabajo de pregrado “*Producción de hidromiel con levadura no convencional Hanseniaspora valbyensis: Aspectos cinético microbiano, fisicoquímico y sensorial*” de acuerdo con (Abarca & Delgado, 2025), se evaluó la producción de hidromiel mediante la levadura no convencional *Hanseniaspora valbyensis* a sustituir a *Saccharomyces cerevisiae*, determinando la influencia de la concentración de miel y del inóculo en la cinética microbiana, las características fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial del producto. Se estudió el comportamiento fermentativo a lo largo de 25 días evidenciándose una fermentación más lenta, con menor producción alcohólica y mejores atributos sensoriales, confirmando así la viabilidad tecnológica para obtener hidromiel de mejor calidad con esta levadura.

Y el artículo *investigativo “Caracterización de la producción de hidromiel artesanal y análisis de sus propiedades antioxidantes”* elaborado por Almanza et al. (2019), cuyo objetivo fue caracterizar la producción de hidromiel artesanal, desarrollada utilizando miel de mezquite y exploraciones de distintas infusiones vegetales, y tuvo como fin evaluar la producción de alcohol y la actividad antioxidante en las formulaciones natural, Jamaica-Manzanilla y jengibre-menta. Para ello, se analizó el proceso fermentativo mediante grados Brix, modelación cinética y cromatografía de gases y la capacidad antioxidante se realizó mediante el método DPPH. Los resultados mostraron variaciones fisicoquímicas, sensoriales y antioxidantes dependiendo de la

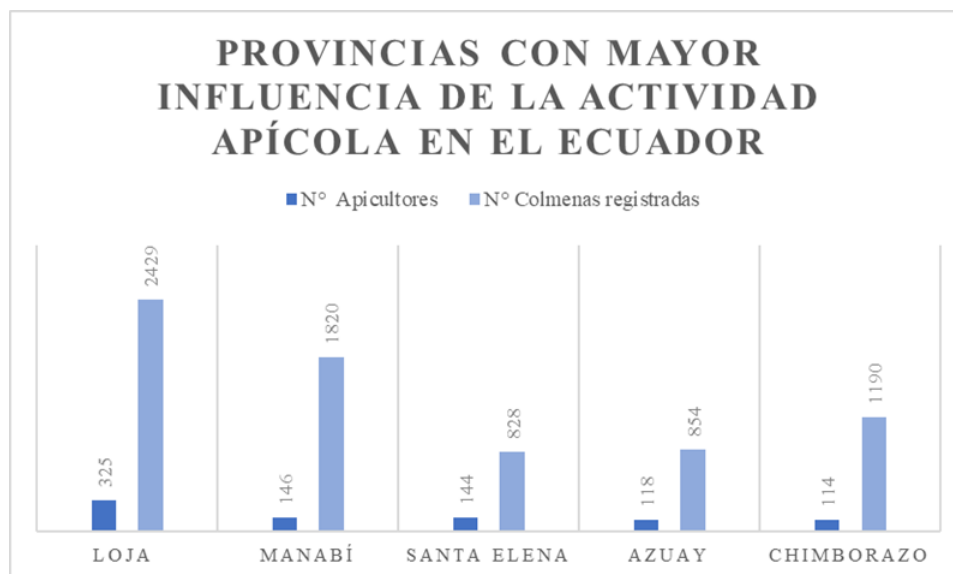
formulación y del tiempo de maduración, evidenciando la influencia de las infusiones vegetales en la calidad final del producto.

2.6.1.2 Apicultura en el Ecuador

La apicultura en el Ecuador se inició aproximadamente en el año 1870 con la introducción de abejas procedentes de Francia, extendiéndose de manera progresiva a las diferentes regiones del país. La abeja italiana (*Apis mellifera ligustica*) es la especie de abeja más productiva. Esta especie ha demostrado una excelente capacidad de adaptación y supervivencia en el clima agrícola del país, lo que contribuye positivamente a la sostenibilidad de la industria apícola. (Masaquiza et al., 2023).

Según MAG (2018), la productividad media anual de la apicultura local es de 10,2 kg de miel por colmena. No obstante, para el año 2020 se evidenció un crecimiento significativo del sector, alcanzándose un total de 2,034 apicultores, 22,631 colmenas y 31 asociaciones formalmente constituidas. Este fortalecimiento organizativo y productivo permitió incrementar el promedio nacional de producción de miel de abeja de 10,5 kg por colmena al año a 15,5 kg por colmena al año. De igual manera el MAG (2020), reportó una mejora sustancial en la eficiencia productiva y en el desarrollo de la apicultura a nivel nacional.

Figura 1. Principales provincias con actividad apícola en Ecuador



Fuente: (MAG, 2018)

2.6.1.3 Abeja (*Apis Mellifera*)

La abeja *Apis mellifera* es considerada una especie clave dentro de los ecosistemas naturales debido a su papel fundamental en los procesos de polinización. De acuerdo con Gregori et al.

(2025), esta especie posee la capacidad de transferir polen entre flores, lo que permite la reproducción de un gran número de plantas y, en consecuencia, garantiza la producción de frutos y semillas. Este proceso contribuye al mantenimiento del equilibrio ecológico de los diversos ecosistemas y desempeña un rol relevante en la seguridad alimentaria a nivel mundial. En este sentido, la presencia de *Apis mellifera* resulta fundamental en zonas agrícolas, especialmente para la producción de cultivos que dependen de la polinización cruzada.

Los grupos de abejas *Apis mellifera* poseen un orden de vida comunitaria bien puesto y funciona bien, formada por la abeja que manda, las trabajadoras y los machos. La reina cumple la función reproductiva, las obreras se encargan de la recolección de néctar y polen, del cuidado de la cría y de la defensa de la colmena, mientras que los zánganos tienen como función principal la fecundación de la reina. Esta estructura social permite una cooperación efectiva entre los miembros de la colonia, lo que garantiza su estabilidad y optimiza el cumplimiento de sus funciones biológicas (Samaniego, 2015).

Durante los vuelos de recolección, las abejas visitan diversas flores para obtener néctar y polen y, de manera involuntaria, facilitan la polinización de una amplia variedad de especies vegetales. Este proceso permite la reproducción sexual de las plantas, favorece el incremento de la diversidad genética y fortalece la resiliencia de los ecosistemas. Numerosos cultivos de frutales, hortalizas y frutos secos dependen de este mecanismo natural de polinización. En consecuencia, la actividad de *Apis mellifera* influye directamente tanto en la calidad como en la cantidad de los productos agrícolas disponibles para el consumo humano (Batislema, 2023).

2.6.1.4 Principales productos derivados de la apicultura: Miel de abeja

La miel de abeja corresponde a un producto natural elaborado por las abejas a partir del néctar floral. Dicho néctar es transformado en un producto denso y azucarado mediante procesos enzimáticos que tienen lugar en el interior del organismo de las abejas y, posteriormente, es almacenado en los panales, donde se somete a un proceso de deshidratación progresiva hasta alcanzar su consistencia y sabor característicos. A lo largo de la historia, la miel de abeja ha sido objeto de aprecio y valoración en diversas culturas debido a sus propiedades nutricionales y medicinales, siendo utilizada desde la antigüedad con fines alimenticios y terapéuticos (García et al., 2022).

Desde el punto de vista composicional, la miel de abeja contiene principalmente azúcares naturales, así como antioxidantes, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una fuente de

energía de alta calidad. Estos componentes contribuyen a mejorar los procesos digestivos, fortalecer el sistema inmunológico y aliviar afecciones respiratorias leves, como la tos y el dolor de garganta. Asimismo, en la medicina tradicional se han aprovechado sus propiedades antimicrobianas, lo que ha favorecido su aplicación en el tratamiento de heridas superficiales. Las características nutricionales de la miel pueden variar en función del tipo de floración y de las condiciones ambientales en las que se produce (González et al., 2024).

➤ ***Composición de la miel de abeja***

La miel de abeja posee una composición rica y equilibrada, lo que la convierte en un alimento de alto valor nutritivo. Su composición está constituida principalmente por azúcares naturales, como la fructosa y la glucosa, los cuales representan aproximadamente el 80 % de su contenido total. Estos azúcares son responsables de su sabor dulce característico y constituyen una fuente de energía de rápida disponibilidad. La proporción entre fructosa y glucosa depende de la fuente de las flores de las que se extrae la miel e influye directamente en las propiedades físicas y químicas del producto final, como la textura, el grado de cristalización y las características organolépticas (González et al., 2024).

El contenido de agua en la miel de abeja oscila generalmente entre el 15 % y el 20 %, factor determinante para su estabilidad y capacidad de conservación. Un bajo porcentaje de humedad limita el desarrollo de microorganismos, contribuyendo a su prolongada vida útil sin necesidad de aditivos. Durante el proceso de maduración en el panal, las abejas regulan este nivel de humedad mediante la evaporación del exceso de agua y el posterior sellado de las celdas con cera una vez alcanzada la concentración adecuada. Este mecanismo natural favorece la estabilidad del producto y garantiza su inocuidad alimentaria (Correa, 2015).

Además, la miel de abeja contiene minerales esenciales como calcio, hierro, fósforo, magnesio, potasio y zinc, presentes en cantidades menores, pero con una función relevante para el organismo humano. Estos micronutrientes participan en diversas funciones biológicas y complementan la energía derivada de los azúcares. La diversidad botánica de las plantas productoras de néctar afecta directamente la composición mineral de la miel de abeja, lo que resulta en variaciones en sus propiedades nutricionales. Debido a esta riqueza en minerales, la miel se considera un complemento alimenticio adecuado para una dieta equilibrada (Proaño et al., 2023).

➤ ***Contenido nutricional y químico de la miel de abeja***

La miel de abeja presenta un perfil nutricional y químico altamente diverso, en el cual los azúcares simples, principalmente la fructosa y la glucosa, constituyen la mayor proporción de su composición. Estos monosacáridos representan aproximadamente el 80 % del contenido total de la miel y son responsables de su capacidad para aportar energía de rápida asimilación al organismo humano. Asimismo, la miel de abeja se caracteriza por un bajo contenido de humedad, que no supera el 20 %, condición que favorece su conservación natural al mantener un equilibrio adecuado entre el contenido de agua y los azúcares, limitando el desarrollo de microorganismos indeseables (Villalón et al., 2024).

Desde el punto de vista bioquímico, la miel contiene vitaminas del complejo B (B1, B2, B3, B5 y B6), así como vitamina C, además de diversas enzimas y compuestos antioxidantes que le confieren un elevado valor biológico. Entre estas enzimas destaca la glucosa oxidasa, responsable de la formación de peróxido de hidrógeno, sustancia asociada a sus propiedades antimicrobianas, lo que contribuye a prevenir contaminaciones microbianas. Debido a esta combinación de nutrientes y compuestos bioactivos, la miel de abeja puede considerarse un alimento funcional con beneficios significativos para la salud y el fortalecimiento del sistema inmunológico (Hernández, 2014).

➤ ***Proteínas y Nitrógeno en la miel de abeja***

La miel de abeja presenta una baja proporción de proteínas dentro de su composición total, las cuales representan menos del 1 % de sus características finales. Estas proteínas provienen tanto del néctar de las flores como de las secreciones glandulares de las abejas. Aunque se encuentran en cantidades reducidas, cumplen funciones relevantes dentro del alimento, ya que participan en reacciones enzimáticas asociadas a la formación de diversos compuestos bioactivos. La calidad y cantidad de proteínas y miel pueden variar dependiendo del origen de la flor y de las condiciones ambientales en las que se utilicen las plantas de biodegradación (Echeverría, 2023).

El nitrógeno en la miel de abeja se encuentra principalmente en forma no proteica, principalmente como aminoácidos libres. Los aminoácidos más comunes son la prolina, la leucina y la lisina, que desempeñan un papel importante en los procesos metabólicos e influyen en las características organolépticas del producto, como el sabor, el color y la estabilidad. Asimismo, la cantidad de nitrógeno constituye un parámetro de calidad relevante en el análisis químico de la

miel de abeja, ya que permite evaluar su autenticidad y determinar su origen botánico (García et al., 2022).

➤ ***Azúcares presentes en la miel de abeja***

El principal componente de la miel de abeja son los azúcares simples, entre los cuales la fructosa y la glucosa constituyen las especies predominantes y representan aproximadamente el 80 % de su contenido total. Esta elevada concentración de azúcares le confiere su característico sabor dulce y la convierte en una fuente natural de energía. La fructosa, que es el azúcar presente en mayor proporción, supera a la glucosa en contenido y ejerce una influencia directa sobre la velocidad de cristalización y la textura final de la miel, características que están estrechamente relacionadas con su origen floral (Cando & Lema, 2022).

La relación fructosa/glucosa es un factor determinante en la estabilidad física de la miel de abeja durante su almacenamiento. La miel de abeja con mayor contenido de glucosa cristaliza más rápidamente, mientras que la miel de abeja con mayor contenido de fructosa permanece líquida durante más tiempo. Esta proporción también afecta el índice glucémico del producto, ya que la miel de abeja tiene un poder edulcorante natural diferente al del azúcar refinado y consumida con moderación promueve una liberación de energía más gradual (Martinez & Quiles, 2018).

➤ ***Microorganismos presentes en la miel de abeja***

La miel de abeja puede contener diversos microorganismos, entre ellos bacterias, levaduras y esporas; sin embargo, su propia composición fisicoquímica limita de manera significativa su proliferación. El bajo contenido de agua, el pH ácido y la presencia de compuestos con actividad antimicrobiana generan un entorno desfavorable para el crecimiento microbiano, lo que confiere a la miel una elevada estabilidad natural y una prolongada vida útil. No obstante, una manipulación inadecuada o prácticas de cosecha que no cumplan con los controles sanitarios pueden favorecer la introducción de contaminantes, comprometiendo su calidad e inocuidad (Rojas et al., 2022).

➤ ***Capacidad antioxidante de la miel de abeja***

De acuerdo con Soto (2021), la miel de abeja presenta una notable actividad antioxidante atribuida a la presencia de diversos compuestos bioactivos, entre los que destacan los flavonoides, los ácidos fenólicos, las enzimas y las vitaminas, los cuales contribuyen a la neutralización de los radicales libres responsables del daño celular. No obstante, la intensidad de esta actividad antioxidante depende de la fuente floral y del origen geográfico de la miel, factores que influyen directamente en sus características sensoriales, como el color y el sabor. En este sentido, las mieles

de tonalidad oscura suelen presentar una mayor actividad antioxidante, lo que se traduce en un incremento de su valor nutricional y funcional. En la tabla N°2 se presenta la composición proximal de la miel de abeja.

Tabla 2. *Composición proximal de la miel de abeja*

Compuesto	Valor
Fructosa	38,20%
Glucosa	32%
Sacarosa	1,38%
Maltosa	6,80%
Otros Azúcares	3,10%
Humedad	17,20%
pH	3,91
Acidez libre	22,03 meq/kg
Acidez total	29,12 meq/kg
Contenido Mineral	0,17%
Nitrógeno total	0,04%

Fuente: (González et al., 2024)

2.6.1.5 Principales productos derivados de la apicultura: Polen

El polen se considera un constituyente esencial para asegurar la reproducción sexual de las plantas con flor, ya que cumple la función de transportar las células reproductoras masculinas hacia los órganos femeninos. El proceso de polinización constituye un evento fundamental para la fecundación y, en consecuencia, para la formación de frutos y semillas. La transferencia del polen puede realizarse a través de distintos agentes, como el viento, el agua o animales polinizadores entre ellos insectos y aves, desempeñando así un rol clave tanto en el equilibrio de los ecosistemas como en la producción agrícola (Paoloni, 2021).

En el ámbito biotecnológico, el uso del polen como fuente nutricional para las levaduras durante la fermentación alcohólica de la miel ha demostrado efectos favorables sobre el proceso fermentativo, al acelerar su desarrollo y reducir el tiempo necesario para completar esta etapa. Además, se observó un mayor rendimiento y productividad en la producción de etanol y compuestos volátiles, así como una mejora en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del producto final. Según Roldán et al. (2011), el polen actúa como un activador más eficaz de la

fermentación alcohólica en el mosto de miel que otros suplementos nutricionales, como el cloruro de tiamina, el extracto de levadura y la jalea real.

Comercialmente, el polen es muy valorado por sus propiedades nutricionales y energéticas, lo que lo convierte en uno de los productos más importantes recolectados por las abejas y comercializado como suplemento dietético. El polen es rico en proteínas, aminoácidos y antioxidantes, y se incluye en la dieta humana tanto en forma natural como procesada. Su consumo se asocia con diversos beneficios, como un sistema inmunitario fortalecido, mayor vitalidad y una mejor salud general. Sin embargo, las personas con alergias deben consumirlo con precaución (Mérino, 2023).

2.6.1.6 Levaduras

Las levaduras corresponden a microorganismos fúngicos unicelulares presentes de manera natural en diversos ambientes, incluyendo superficies frutales, suelos y materia orgánica. Presentan una morfología generalmente redondeada u ovalada y se reproducen principalmente por gemación, lo que les permite adaptarse con rapidez a diferentes condiciones ambientales. Estas características, asociadas a una estructura celular simple y eficiente, han propiciado que las levaduras se consoliden como organismos fundamentales en múltiples procesos biológicos, desempeñando un papel relevante tanto en los ecosistemas naturales como en diversas actividades humanas (Padilla et al., 2021).

Una de las propiedades más notables de la levadura es su capacidad de fermentar, que convierte los azúcares en dióxido de carbono y etanol. Esta propiedad se ha utilizado durante siglos en la producción de alimentos y bebidas fermentadas. Por ejemplo, en la panificación, el dióxido de carbono producido durante la fermentación hace que la masa suba, dándole una textura esponjosa. De igual manera, la levadura produce alcohol etílico en la producción de vino y cerveza, lo cual ha contribuido significativamente al desarrollo de las tradiciones culinarias y culturales a lo largo de la historia (Contreras, 2018).

Desde un enfoque científico, las levaduras han emergido como modelos biológicos significativos para investigar procesos a nivel celular y molecular. La secuenciación integral de sus genomas posibilita el estudio de funciones genéticas preservadas en organismos más complejos, lo que impulsa progresos en áreas como la genética, la biología molecular y la medicina. En este contexto, las levaduras, aunque son simples en su estructura, ofrecen datos vitales para entender los mecanismos esenciales de la vida a nivel celular (Santana et al., 2021).

➤ ***Saccharomyces cerevisiae var. Bayanus***

El *Saccharomyces cerevisiae var. Bayanus* es una levadura especializada utilizada de manera natural en la elaboración de productos característicos de la industria vitivinícola y cervecera, debido a su capacidad para llevar a cabo fermentaciones bajo condiciones rigurosas y exigentes. Esta cepa presenta una notable tolerancia a elevadas concentraciones de alcohol, así como una elevada aptitud para fermentar a bajas temperaturas, lo que permite que el proceso fermentativo se desarrolle de forma lenta y controlada. Estas propiedades convierten a *S. cerevisiae var. bayanus* en una opción altamente eficiente para la producción de espumantes, sidras y cervezas artesanales, donde la precisión del proceso fermentativo es sinónimo de estabilidad y control durante la elaboración del producto (Catallo et al., 2021).

Durante la fermentación secundaria en botella, esta levadura favorece la formación de burbujas finas, persistentes y de alta calidad, resultado de una producción gradual y controlada de dióxido de carbono. Además, *S. cerevisiae var. Bayanus* es capaz de llevar a cabo fermentaciones en condiciones de estrés osmótico y bajo escenarios de limitada disponibilidad de nutrientes, sin comprometer su desempeño fermentativo ni su perfil sensorial. Por estas razones, esta cepa continúa siendo considerada una herramienta clave dentro de la biotecnología moderna de alimentos, aportando consistencia y calidad sensorial a los productos fermentados (Benites, 2021).

➤ ***Saccharomyces cerevisiae***

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es un microorganismo unicelular ampliamente empleado en los ámbitos de la alimentación y la biotecnología, debido a su elevada capacidad para fermentar azúcares. Esta especie tiene la capacidad de transformar carbohidratos en etanol y dióxido de carbono, propiedad que ha sido aprovechada por el ser humano durante miles de años en la elaboración de productos como el pan, la cerveza y el vino (Kim et al., 2021).

Antiguamente, estas levaduras tuvieron una parte clave en hacer la comida en grandes cantidades por su manera de fermentar. En la creación de alcohol, ayudan a hacer tragos que saben de cierta manera especial. Asimismo, se emplea en la síntesis de enzimas y vitaminas, lo que ha consolidado a este microorganismo como un recurso esencial en procesos tecnológicos, farmacéuticos y de investigación a escala mundial (Guarco & Morales, 2015).

➤ ***Saccharomyces cerevisiae ex. Bayanus***

Saccharomyces cerevisiae ex. Bayanus es una levadura que destaca por su elevada eficacia en procesos fermentativos complejos, especialmente en el ámbito de la viticultura. Presenta

características fisiológicas que le permiten tolerar bajas temperaturas y altas concentraciones de alcohol, lo que le facilita llevar a cabo fermentaciones completas en condiciones donde otras levaduras resultan menos eficientes. Por estas razones, *S. cerevisiae ex. Bayanus* es considerada una levadura idónea para la elaboración de champañas y sidras, ya que proporciona un perfil sensorial limpio y un control eficiente de la transformación de azúcares en etanol y dióxido de carbono (Liu et al., 2022).

Esta cepa se caracteriza además por su alta robustez, lo que la convierte en una alternativa estratégica durante la segunda fermentación en botella. La actividad metabólica desarrollada en esta etapa es responsable de la formación de burbujas finas, persistentes y características de productos de gama alta. Su capacidad de adaptación al estrés osmótico y su tolerancia a medios con baja disponibilidad de nutrientes garantizan un rendimiento estable, incluso bajo condiciones extremas propias de fermentaciones prolongadas y controladas (Gayeviskiy, 2015).

Finalmente, se presenta una comparación técnica de las tres cepas de levaduras utilizadas, considerando sus diferencias en el desempeño fermentativo y su comportamiento metabólico en la tabla N°3.

Tabla 3. Características técnicas de las tres cepas de levadura

Características	Tipo de cepa de levadura		
	SafAle S04 <i>(Saccharomyces cerevisiae)</i>	Lalvin ec-1118 <i>(Saccharomyces cerevisiae ex. Bayanus)</i>	Fermivin 4F9 <i>(Saccharomyces cerevisiae var. Bayanus)</i>
Fase de Latencia	Rápida	Corta	Media
Velocidad Fermentativa	Rápida	Rápida, regular y completa	Muy rápida
Tolerancia al alcohol	16% v/v	16% v/v	> 17 % v/v
Intervalo óptimo de temperaturas	A partir de 13 °C	A partir de 15 a 30 °C.	A partir de 14-30 °C

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.6.1.7 Nutrientes utilizados en la elaboración de hidromiel: Servomyces

Este nutriente biológico se obtiene a partir de células de levadura inactivadas y se utiliza comúnmente en la elaboración de hidromiel. Su formulación permite una liberación adecuada y progresiva de minerales esenciales, como zinc (Zn), magnesio (Mg) y potasio (K), durante el proceso de fermentación, lo que favorece la actividad metabólica de la levadura activa y contribuye a una fermentación más rápida, limpia y completa (Quicazán et al., 2018).

El uso de *Servomyces* se ha extendido tanto en producciones artesanales como industriales debido a su fácil aplicación y a los resultados satisfactorios que ofrece. Este suplemento puede añadirse durante la pasteurización o en cualquier etapa del proceso de fermentación, ya que libera los nutrientes de manera controlada en el medio, sin generar residuos perceptibles. Su origen natural lo hace apto para su empleo en procesos tradicionales y en diversos estilos de hidromiel. Asimismo, su eficacia ha posicionado a *Servomyces* como un suplemento nutricional eficiente, capaz de mejorar el rendimiento de las levaduras incluso en condiciones adversas, como las que presenta el mosto de miel (Abvickers, 2023).

2.6.1.8 Fermentación Alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso bioquímico mediante el cual ciertos microorganismos, principalmente las levaduras, transforman los azúcares en etanol y dióxido de carbono. Este proceso ocurre en ausencia de oxígeno, por lo que se clasifica como anaeróbico, y constituye uno de los métodos más antiguos de conservación y transformación de alimentos. Su aplicación ha sido fundamental en la elaboración de bebidas como el vino, la cerveza y la sidra, así como en diversos procesos biotecnológicos orientados a la producción de energía y alimentos funcionales (Leighton et al., 2023).

Este tipo de fermentación depende de la acción de enzimas específicas que catalizan las reacciones metabólicas dentro de las células microbianas. Durante el proceso fermentativo, la glucosa y la fructosa actúan como sustratos que son degradados para generar energía, la cual es utilizada por las levaduras para su crecimiento y reproducción. De manera simultánea, se acumulan metabolitos secundarios que contribuyen significativamente a las características sensoriales particulares de cada alimento o bebida fermentada (Pardiñas, 2016).

En la industria moderna, la fermentación alcohólica es optimizada mediante tecnologías que permiten controlar condiciones como la temperatura, el pH, la aireación y la concentración de nutrientes, factores que influyen directamente en el rendimiento del proceso y en la calidad del etanol obtenido. En el ámbito energético, este proceso se emplea para la producción de biocombustibles, específicamente bioetanol, a partir de materias primas vegetales, lo que refleja la búsqueda de alternativas más sostenibles y menos contaminantes para el entorno (Sosa et al., 2024).

➤ *Tipos de fermentación alcohólica*

La fermentación alcohólica puede clasificarse según el microorganismo involucrado y el producto final deseado. Entre sus variantes, la fermentación etílica o fermentación alcohólica es la

más común y es realizada principalmente por levaduras del género *Saccharomyces*. Este proceso convierte los azúcares simples en etanol y dióxido de carbono (CO₂) y se utiliza tradicionalmente en la elaboración de vinos, cervezas y otras bebidas alcohólicas, así como en diversos productos fermentados (Córdova, 2024).

La fermentación alcohólica espontánea es un tipo especial de fermentación iniciada por microorganismos naturales con intervención humana directa. Este tipo de fermentación se utiliza en la producción artesanal de bebidas alcohólicas en diversas regiones de Sudamérica, como la chicha y el pulque. Aunque menos predecible, permite la creación de perfiles sensoriales únicos gracias a la diversidad de microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación (Ríos & Yohany, 2020).

Por su parte, la fermentación alcohólica inducida utiliza cultivos seleccionados de microorganismos con el fin de garantizar la eficiencia y la reproducibilidad del proceso. Esta práctica es común en contextos industriales, como la producción de bioetanol, donde se requiere un control riguroso de las condiciones operativas. La selección específica de cepas de levaduras permite maximizar el rendimiento y reducir el riesgo de contaminación. Asimismo, se emplean sistemas cerrados y automatizados que facilitan el monitoreo del proceso, asegurando altos niveles de pureza y productividad (Hernández, 2021).

Finalmente, la fermentación mixta se caracteriza por la coexistencia de levaduras y bacterias en un mismo medio de fermentación, lo que da lugar a productos con perfiles bioquímicos más complejos. Este truco se emplea al hacer tragos fermentados que no son los de siempre, como ciertos vinos sin alterar y cervezas agrias. La interacción entre diferentes especies microbianas favorece la producción de compuestos intermedios que influyen directamente en el sabor, el aroma y la textura del producto final (Ruíz et al., 2020).

➤ ***Reacciones dentro de una fermentación alcohólica***

La fermentación alcohólica es un conjunto de reacciones bioquímicas mediante las cuales los azúcares presentes en un sustrato son transformados en etanol y dióxido de carbono por la acción de determinados microorganismos. Este proceso se inicia con la glucólisis, en la que una molécula de glucosa se convierte en dos moléculas de ácido pirúvico, generándose simultáneamente una cantidad limitada de energía en forma de adenosín trifosfato (ATP), indispensable para el mantenimiento de la actividad celular. El rendimiento de esta etapa depende

tanto del tipo de microorganismo involucrado como de las condiciones ambientales en las que se desarrolla el proceso glucolítico (Neira, 2024).

El ácido pirúvico experimenta una descarboxilación, resultando en la creación de acetaldehído y la liberación de CO₂. Este proceso es facilitado por la enzima piruvato descarboxilasa, que se encuentra en ciertas especies de levaduras. La enzima alcohol deshidrogenasa transforma el acetaldehído en etanol, permitiendo así la reutilización del dinucleótido de nicotinamida y adenina en su forma oxidada (NAD⁺). Este proceso de regeneración es crucial para que la glucólisis continúe, completando el ciclo fermentativo en condiciones sin oxígeno y previniendo la acumulación de equivalentes reductores en la célula (Silva, 2023).

2.6.1.9 Hidromiel

El hidromiel se obtiene a partir de la mezcla de agua y miel, la cual es sometida a un proceso biológico en el que las levaduras transforman los azúcares fermentables en alcohol. Esta bebida, cuyos orígenes se remontan a épocas antiguas, ha sido consumida por diversas culturas a lo largo de la historia. La elaboración del hidromiel está condicionada por un equilibrio preciso entre sus ingredientes, ya que la proporción empleada influye directamente en la dulzura, la graduación alcohólica y la textura del producto final (González et al., 2021).

Después de la fermentación, el hidromiel puede madurar durante semanas o meses para estabilizarse y mejorar sus características organolépticas. En esta fase se van incorporando compuestos secundarios, mejorando el aroma y suavizando el sabor. El hidromiel puede dar lugar a diferentes estilos, que varían en color, dulzor y contenido alcohólico. El auge del hidromiel en el mundo de las bebidas artesanales ha revivido el interés por esta bebida ancestral y que muchos consideran una bebida natural y con valor cultural (Almanza et al., 2019).

➤ Tipos de hidromiel

Los tipos de hidromiel pueden clasificarse en función del contenido de azúcares residuales, los ingredientes incorporados durante su elaboración y el procedimiento de fermentación empleado. En este sentido, el hidromiel seco presenta un bajo nivel de dulzura, debido a que las levaduras consumen casi la totalidad de los azúcares durante el proceso fermentativo. Por su parte, el hidromiel semiseco conserva una cantidad moderada de azúcares residuales, lo que le confiere un perfil sensorial más equilibrado. En contraste, el hidromiel dulce se caracteriza por un mayor contenido de miel, lo que se traduce en una bebida más suave y con mayor persistencia en boca (Hurtado, 2021).

Asimismo, el método de fermentación ayuda a diferenciar los tipos de hidromiel según su grado de efervescencia, diferenciando así el hidromiel espumoso del no carbonatado. El hidromiel espumoso se elabora a través de una segunda fermentación dentro de la botella, generando burbujas similares a las del vino espumoso. En cambio, el hidromiel tranquilo carece de gas y presenta una textura comparable a la de un vino convencional. La elección de uno u otro estilo depende de las decisiones del productor y del perfil sensorial que se desee alcanzar (Hott, 2015).

2.6.1.10 Propiedades fermentativas en la elaboración de hidromiel

➤ *Disminución de sólidos solubles*

A lo largo de la fermentación del hidromiel, la reducción de los grados Brix da cuenta del proceso de transformación de los azúcares en productos de fermentación. Este indicador permite seguir el consumo de glucosa y fructosa a través de las levaduras. Cuando la fermentación progresa, los grados Brix descienden de forma uniforme. La medición periódica es, también, un indicador del proceso fermentativo y permite modificar las condiciones de producción para asegurar la transformación del mosto en una bebida alcohólica equilibrada (Ardila & Cuadros, 2021)

➤ *Modificación del pH y acidez*

Tal como señala Uribe (2023), el pH de la fermentación del hidromiel presenta variaciones en función del comportamiento metabólico de las levaduras. Disminuyendo paulatinamente hasta los niveles de pH ácido que conducen a un entorno más controlado para favorecer el desarrollo de microorganismos deseables o evitar que el producto sea invadido por microorganismos no deseados.

La acidez del hidromiel fermentada es el resultado de la generación de ácidos orgánicos del metabolismo de las levaduras. Esta propiedad tiene repercusiones directas sobre el perfil sensorial de la bebida a la cual da frescura y equilibrio. Dicha acidez permite el control de la cantidad exacta de compuestos ácidos presentes. Su correcto control es crucial para evitar la aparición de sabores ásperos o desbalanceados. En su nivel se puede ver una barrera microbiológica que protege al producto durante su conservación (Tierra, 2024).

➤ *Producción de etanol y CO₂*

Según Torres (2022), en el transcurso de la fermentación alcohólica de hidromiel puede conseguirse etanol como metabolito principal, junto con dióxido de carbono como metabolito gaseoso de carácter secundario. Las levaduras metabolizan los azúcares disponibles en energía, y son con ello responsables de la producción de estas sustancias que dan carácter a la bebida,

aportando cuerpo, contenido alcohólico en el caso del etanol y, en el caso del dióxido de carbono, en la elaboración de una referencia espumosa son los que aportarían texturas.

➤ ***Velocidad del crecimiento***

De acuerdo con Hurtado (2021), la velocidad del crecimiento de las levaduras en la fermentación del hidromiel afecta a la velocidad con la que se efectúa la extracción de los azúcares del mosto, y esta velocidad depende de factores como la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes. Un crecimiento bien equilibrado permite asegurar una fermentación predecible y constante, mientras que tasas de velocidad del crecimiento excesivamente elevada o excesivamente baja pueden provocar fermentaciones incompletas. Controlar esta rapidez de crecimiento permite optimizar la fermentación y alcanzar la calidad microbiológica del producto final.

2.6.2 Marco conceptual

2.6.2.1 Abejas melíferas

Las abejas (*Apis mellifera*) son insectos sociales que elaboran miel y diversos productos apícolas. Desempeñan una función fundamental en la polinización de cultivos y flora silvestre, favoreciendo la diversidad biológica y el abastecimiento alimentario (Gregori et al., 2025).

2.6.2.2 Agua purificada

El agua purificada es aquella que ha sido tratada para eliminar contaminantes y microorganismos, garantizando su calidad e inocuidad para la elaboración de alimentos y bebidas fermentadas (Rodríguez & Rubiano, 2019).

2.6.2.3 Apicultura

La apicultura es la actividad orientada al manejo y crianza de abejas para la obtención de productos como miel, cera, polen, propóleo y jalea real. Además, promueve su conservación y desarrollo, dada su función clave en la polinización y el equilibrio ecológico (Lopez, 2022).

2.6.2.4 Azúcares fermentables

Son azúcares simples, como glucosa, fructosa y sacarosa, que las levaduras transforman durante la fermentación alcohólica en etanol, dióxido de carbono y otros compuestos. Su cantidad y proporción influyen en la velocidad del proceso y en el contenido alcohólico final (Cálderon & Gusque, 2021).

2.6.2.5 Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante es la propiedad de una sustancia para neutralizar radicales libres mediante la acción de compuestos bioactivos, contribuyendo a prevenir procesos de oxidación (Falcón et al., 2019).

2.6.2.6 Eficiencia fermentativa

La eficiencia fermentativa es el parámetro que mide la capacidad de las levaduras para transformar azúcares fermentables en etanol, está influenciada por factores como la cepa, nutrientes, pH y condiciones del proceso (García et al., 2019).

2.6.2.7 Fermentación alcohólica

Proceso metabólico de oxidación–reducción mediante el cual las levaduras transforman moléculas orgánicas complejas en moléculas más simples, dando lugar a la formación de un producto final orgánico y a la liberación de energía necesaria para el desarrollo y mantenimiento celular (Ruíz et al., 2020).

2.6.2.8 Fermentación anaeróbica

Es un proceso fermentativo que ocurre en ausencia de oxígeno, utilizando sistemas cerrados que evitan el contacto con el aire, favoreciendo el metabolismo fermentativo y la producción de etanol (Velásquez, 2023).

2.6.2.9 Hidromiel

La hidromiel es una bebida alcohólica obtenida por la fermentación de miel diluida en agua, donde las levaduras convierten los azúcares en etanol y compuestos que aportan sus características sensoriales (Acosta, 2012).

2.6.2.10 Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares capaces de fermentar azúcares y transformarlos en etanol y dióxido de carbono, siendo esenciales en la elaboración de bebidas alcohólicas (Ferreira, 2014).

2.6.2.11 Miel de abeja

La miel es una sustancia dulce natural producida por las abejas a partir del néctar de las flores, el cual transforman mediante procesos enzimáticos y almacenan en los panales hasta su maduración (Villalón et al., 2024).

2.6.2.12 Cinética fermentativa

La cinética fermentativa es el conjunto de parámetros que describen la dinámica del proceso de fermentación, como el consumo de azúcares, la producción de etanol, la variación de pH y la velocidad de fermentación, reflejando la actividad metabólica de las levaduras (Uribe, 2023).

2.6.2.13 Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales incluyen las características percibidas por los sentidos humanos, como el color, el aroma, el sabor y la textura. Estas propiedades determinan la aceptación del producto por parte del consumidor (Abarca & Delgado, 2025).

2.6.2.14 *Saccharomyces cerevisiae*

Las levaduras *Saccharomyces cerevisiae*, son microorganismos ampliamente utilizados en la fermentación alcohólica por su alta capacidad para convertir azúcares en etanol y dióxido de carbono, así como por su tolerancia al alcohol y adaptación a condiciones anaerobias (Escribano, 2021).

2.6.2.15 *Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus*

Cepa de levadura caracterizada por su elevada tolerancia a concentraciones de alcohol y a condiciones adversas de fermentación, utilizada principalmente en la producción de vinos y bebidas fermentadas con alto contenido alcohólico (Catallo et al., 2021).

2.6.2.16 *Saccharomyces cerevisiae* ex. *Bayanus*

Saccharomyces cerevisiae ex. *Bayanus* es una cepa de levadura empleada en fermentaciones alcohólicas, reconocida por su alta tolerancia al etanol y su capacidad para fermentar medios con elevada concentración de azúcares (Liu et al., 2022).

2.6.2.17 Sólidos solubles

Son el conjunto de sustancias que se encuentran disueltas en un líquido, principalmente azúcares como la glucosa y la fructosa, aunque también pueden incluir ácidos orgánicos y sales minerales. Su concentración se expresa comúnmente en grados Brix (Ampuño & Cedeño, 2025).

2.6.2.18 Sustrato en fermentación

Es un medio líquido que aporta los nutrientes y compuestos necesarios para el crecimiento microbiano y el desarrollo del proceso fermentativo, permitiendo un mejor control de las condiciones y mayor eficiencia en la fermentación (Velásquez, 2023).

2.7 Metodología del Proyecto de Investigación

El presente estudio se estructuró en base a los diferentes tipos de investigación, métodos, técnicas e instrumentos empleados para la obtención y análisis de datos.

2.7.1 Tipos de investigación

2.7.1.1 Investigación bibliográfica

Se basa en recopilar información existente sobre un tema o problema de diversas fuentes como, por ejemplo, revistas, artículos científicos, libros, material archivado y otros trabajos académicos. Establece una relación entre las fuentes y hace comparaciones entre ellas para poder analizar críticamente la información recopilada sobre el tema en cuestión y así responder a la pregunta de investigación inicialmente propuesta (Carbajal, 2020).

La presente investigación de tipo bibliográfica se basó en la recopilación, análisis y sistematización de información procedente de fuentes científicas y técnicas sobre la elaboración del hidromiel y la influencia del uso de diferentes cepas de levadura para la fermentación. Por medio de revisión de artículos, tesis, libros y publicaciones en revistas se logró identificar los principales factores de fermentación, calidad sensorial y la estabilidad del producto final.

2.7.1.2 Investigación exploratoria

Su propósito es realizar un primer acercamiento al problema, identificar variables relevantes y orientar futuras investigaciones, caracterizándose por un alto nivel de incertidumbre y una limitada información disponible en la literatura científica (Arango, 2010).

El trabajo desarrollado se contextualizó en un estudio exploratorio, para recabar información preliminar sobre el comportamiento de cada tipo de cepa de levadura durante la elaboración de hidromiel, un proceso poco investigado en el ámbito local. El estudio permitió identificar y describir la influencia de cada cepa en las variables de evaluación como el proceso de fermentación, obtención de etanol y las características organolépticas. Estos resultados son un punto clave para futuras investigaciones más detalladas que permitirá la optimización de estos procesos.

2.7.1.3 Investigación descriptiva

Tal como indica Mórán et al. (2025), la investigación descriptiva tiene como objetivo recopilar datos y analizarlos para proporcionar una descripción precisa y completa del fenómeno o situación estudiados.

La investigación es de tipo descriptiva, ya que busca caracterizar y comparar el comportamiento fermentativo de tres tipos de levadura en la elaboración de hidromiel. Este tipo de investigación se centra en observar, analizar y detallar los fenómenos tal como ocurren en el proceso de fermentación, sin manipular variables externas que alteren su desarrollo, más allá de la aplicación de las cepas de levadura previamente seleccionadas.

2.7.1.4 Investigación Experimental

Como lo menciona Ramos (2021), la investigación experimental se caracteriza por el manejo intencional de la variable independiente y la observación de su efecto sobre una o más variables dependientes.

En este marco, la presente investigación es un estudio práctico que busca determinar cómo tres tipos de levadura y el método de fermentación influyen en la creación de hidromiel. Esta estructura nos facilitó examinar la efectividad de cada tipo en relación al rendimiento durante la fermentación, teniendo en cuenta aspectos como la generación de alcohol, el nivel de pH y la acidez, así como su efecto en las características sensoriales del producto final, que incluyen el olor, el gusto y la apariencia, con el objetivo de identificar la cepa más eficiente.

2.7.2 Métodos de investigación

2.7.2.1 Método experimental

Según Hernández & Klimenko (2025), este enfoque permite analizar relaciones de causalidad mediante la manipulación deliberada de una variable independiente y la evaluación de sus efectos sobre una variable dependiente. En el presente estudio se permitió evaluar la influencia de los tipos de cepas de levadura y las concentraciones iniciales de sólidos solubles (°Brix) de los diferentes tratamientos del hidromiel sobre las características fisicoquímicas y sensoriales, garantizando los cambios observados en el producto final.

2.7.2.2 Método inductivo

El método se define por los procedimientos empleados para generalizar conclusiones o características a partir de la información obtenida de una muestra (Andrade et al., 2018).

El trabajo de investigación siguió un enfoque inductivo, iniciando por la observación y el estudio del comportamiento de las distintas cepas de levadura durante una fermentación controlada y su impacto en la calidad del hidromiel. Bajo este método logramos desarrollar conocimientos teóricos basados en la experimentación directa y en el análisis de resultados, lo que nos ayudara a comprender los factores que afectan la producción y características finales del hidromiel.

2.7.2.3 Método deductivo

Conforme a Andrade et al. (2018), es aquel modelo de una investigación dominante en diferentes ciencias sobre todo en las sociales, las hipótesis que se ofrecen en primera instancia, con los datos que se recopilan, y los estudios realizados buscan determinar el nivel de apoyo que las hipótesis reciben.

La investigación permitió la comprensión de teorías establecidas sobre la fermentación alcohólica y el funcionamiento de las levaduras en los procesos de fermentación. Posteriormente permitiéndonos comparar los resultados de la investigación con las hipótesis planteadas para respaldar o cuestionar nuestras creencias iniciales.

2.7.2.4 Método científico

El método científico es un proceso ordenado que permite obtener conocimiento objetivo mediante la observación de un fenómeno, la formulación de una hipótesis, la experimentación, el análisis de datos y la obtención de conclusiones que confirman o rechazan dicha hipótesis (Soler, 2023).

Este método influyó en la elaboración del hidromiel al permitir el desarrollo de un proceso sistemático y controlado. A partir de la observación del comportamiento fermentativo, se formularon hipótesis relacionadas con el efecto del tipo de levadura y de la concentración inicial de sólidos solubles. Estos resultados permitieron validar o rechazar las hipótesis planteadas.

2.7.3 Técnicas de investigación

2.7.3.1 Observación

Tal como señala Sánchez (2022), esta técnica de investigación consiste en el registro sistemático de datos de fenómenos y comportamientos, utilizando los sentidos principalmente la vista para la recopilación de aspectos de un objeto de estudio.

En la elaboración del hidromiel este método fue fundamental para la realización de un seguimiento de aspectos cruciales en la fermentación. Se observó aspectos como la formación de burbujas (actividad de la levadura), cambio de color o turbidez, así como la acumulación de sedimentos, apariencia y textura del producto durante y después de la fase de fermentación.

2.7.3.2 Encuesta (Ficha de análisis sensorial)

Como lo establece Barris (2010), el análisis sensorial constituye una disciplina científica orientada a la medición, evaluación e interpretación de las percepciones generadas por los sentidos humanos gusto, tacto, oído y vista frente a las características de los alimentos u otras sustancias.

La evaluación realizada permitió identificar el tratamiento de hidromiel que presentó el mejor desempeño en los atributos visuales, aromáticos y gustativos, alcanzando el mayor nivel de aceptabilidad sensorial.

2.7.4 Instrumentos de investigación

2.7.4.1 Recopilación de Datos estadísticos

De acuerdo con Acosta (2023), es el proceso de obtener y registrar información numérica sobre un objeto de investigación o un tema de estudio, con el uso de métodos sistemáticos para que los datos sean precisos y confiables, este método se usa para analizar relaciones que permiten tomar decisiones significativas.

Durante el estudio se realizó la recolección de datos iniciales y finales en la elaboración del hidromiel, en estos incluyen medidas de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez total, densidad y la concentración de alcohol, las cuales se midieron durante la primera y segunda fermentación.

2.7.4.2 Ficha de catación QDA

La ficha de *Análisis Descriptivo Cuantitativo* (QDA), permite identificar, definir y cuantificar atributos sensoriales específicos del producto, como aroma, sabor, color y cuerpo, mediante la evaluación de un panel sensorial entrenado que emplea descriptores previamente establecidos y una escala lineal no estructurada para medir la intensidad de cada atributo, desde su ausencia hasta su máxima expresión (Cárdenas et al., 2018).

El instrumento de investigación usado permitió evaluar de manera sistemática las características sensoriales del producto. Dicho instrumento consideró los parámetros de aspecto visual, aspecto aromático, aspecto gustativo y aceptabilidad general, con el objetivo de determinar el tratamiento con mayor nivel de aceptación por parte del panel de catadores.

2.7.5 Materiales, insumos y equipos utilizados en la elaboración del hidromiel

2.7.5.1 Materia prima

- Miel de abeja

2.7.5.2 Insumos

➤ Levaduras:

- FERMIVIN 4F9 (*Saccharomyces cerevisiae* var. *Bayanus*)
- SafAle S-04 (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Lalvin EC1118 (*Saccharomyces cerevisiae* ex. *Bayanus*)

➤ **Nutriente:**

- Servomyces L50

➤ **Otros:**

- Agua purificada
- Ácido cítrico
- Clarificante (bentonita cálcica)
- Metabisulfito de potasio
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 0.1N

2.7.5.3 Equipos

- Cocina Industrial
- Fermentadores de vidrio
- Alcoholímetro
- Balanza semi-analítica
- Termómetros
- Refractómetro
- pH-metro
- Densímetro
- Acidómetro
- Termómetro de pared
- Tapadora de botellas
- Filtro de placas

2.7.5.4 Utensilios

- Cucharón de plástico
- Ollas de acero inoxidable
- Envases de vidrio color ámbar de 500 ml
- Cucharas de madera
- Jarras de plástico
- Tozones de acero inoxidable
- Vasos plásticos

- Probeta de 250 ml
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Tela lienzo
- Filtros N03
- Tapas corona
- Embudo

2.7.6 Procedimiento para la elaboración del hidromiel

La metodología aplicada en la presente investigación se basó en el trabajo de titulación de Cajas (2019), el cual sirvió como referencia para el desarrollo del procedimiento experimental.

2.7.6.1 Recepción de la materia prima

La miel de abeja se obtuvo de un emprendimiento apícola localizado en el cantón Mejía, provincia Pichincha, Ecuador. Posteriormente se realizó una inspección para verificar que la miel de abeja esté libre de materias, sabor y olores extraños o inaceptables.

Figura 2. *Recepción de la miel de abeja*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.2 Análisis proximal de la miel de abeja

Se realizó un análisis proximal a la miel de abeja en el Laboratorio de Alimentos y Aguas Andeslab, ubicado en la ciudad de Machachi. Los parámetros evaluados se presentan en la Tabla N°4.

Tabla 4. *Parámetros evaluados en la miel de abeja*

Análisis	Método
Humedad	PEE-AN-01-FQ/ INEN ISO 1442
Azúcares totales	AOAC 977.20
Proteína	PEE-AN-02-FQ/INEN ISO 937
Acidez libre	PEE-AN-08-FQ /INEN 1634
pH	PEE-AN-07-FQ / INEN ISO 1842:2020
Ceniza	PEE-AN-04-FQ/INEN ISO 936

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.3 Dosificación

De acuerdo con Martínez et al. (2014), la elaboración del hidromiel puede realizarse mediante procesos fermentativos que emplean concentraciones iniciales de sólidos solubles comprendidas entre 17 y 25 °Brix, considerando que valores fuera de este rango pueden afectar negativamente el comportamiento metabólico de las levaduras.

Para cada formulación de hidromiel se tomaron como referencia concentraciones específicas de sólidos solubles expresadas en grados brix, garantizando una proporción adecuada entre miel de abeja y agua.

Se realizaron las diluciones de concentraciones iniciales de sólidos solubles de 18,21 y 24 °Brix para cada tratamiento controlados con un refractómetro de 0-32 °Brix. Obteniendo una capacidad de 3500 ml de cada concentración, las cantidades utilizadas se muestran en la tabla N°5:

Tabla 5. *Porcentajes de concentraciones de acuerdo a los sólidos solubles*

Tratamientos			
Concentración	18° Brix	21° Brix	24° Brix
Miel de abeja	22,79 % m/m	26,59 % m/m	30,39 % m/m
Agua purificada	77,21 % v/v	73,41 % v/v	69,61% v/v

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Figura 3. *Ajuste de concentraciones de sólidos solubles (°Brix)*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.4 Filtrado I

La dilución realizada fue sometida a un proceso de filtración primaria mediante el uso de tela lienzo, eliminando partículas sólidas e impurezas finas presentes en la miel, las cuales no son perceptibles a simple vista.

Figura 4. *Filtrado inicial de los tratamientos*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.5 Pasteurización I

Para reducir la carga microbiana de la miel de abeja, el mosto fue sometido a un tratamiento térmico a 65 °C. El medio fue suplementado con 0,03 g de Servomyces L50, calculado para un volumen total de 3500 ml. Previamente, el nutriente fue disuelto en 20 ml del mismo mosto para

asegurar una adecuada dispersión. La mezcla se mantuvo a 65 °C durante 10 minutos, garantizando la homogeneización del nutriente y la reducción de microorganismos indeseables.

Figura 5. *Pasteurización inicial de los tratamientos*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.6 Enfriado

Una vez concluida la etapa de pasteurización, el mosto fue sometido a un enfriamiento controlado mediante baño María hasta alcanzar una temperatura aproximada de 40 °C. A esta temperatura, se determinó la densidad, la acidez, y se procedió al ajuste del pH del mosto, estableciéndolo dentro del rango de 3,5 a 4,5 de acuerdo con lo reportado por Quicazán et al. (2018).

Figura 6. *Enfriamiento de los tratamientos mediante baño María*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.7 Inoculación de las levaduras

Las levaduras fueron inoculadas previamente en 20 ml del mosto, de acuerdo con la dosis establecida para un volumen total de 3500 ml, y a la temperatura óptima de inoculación correspondiente a cada tratamiento, conforme se detalla en la tabla N°6.

Tabla 6. *Cantidades y temperatura de inoculación de las levaduras*

Tipo de levadura	Cantidad (g)	Temperatura (°C)
FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	0,68	35-37
SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	2,8	37-40
Lalvin EC1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>bayunus</i>)	0,7	25-29

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Una vez activadas, las levaduras fueron adicionadas al mosto previamente pasteurizado y enfriado hasta una temperatura de 18 °C, realizándose una agitación suave con el fin de asegurar una distribución homogénea del inóculo en todo el volumen del mosto.

Figura 7. *Inoculación de los diferentes tipos de levaduras*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.8 Fermentación I

La fermentación se llevó a cabo en fermentadores de vidrio, los cuales fueron herméticamente cerrados y equipados con un Airlock de doble burbuja. Fueron llenados con el mosto previamente inoculado y mantenidos en fermentación durante un período de 25 días. Al

finalizar este tiempo, se realizaron las determinaciones de contenido alcohólico, pH, densidad, sólidos solubles y acidez titulable, evaluando la evolución y el estado del proceso fermentativo.

Figura 8. *Primera fermentación de los tratamientos*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.9 Trasego I

Al finalizar la primera fermentación, las diferentes concentraciones fueron sometidas a un proceso de trasego y posteriormente trasvasadas a fermentadores previamente esterilizados, separando la mayor cantidad de los sólidos en suspensión.

Figura 9. *Trasvase de los tratamientos del hidromiel*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.10 Fermentación II

Una vez transferidas las diferentes concentraciones a fermentadores limpios, se mantuvieron en fermentación durante un período adicional de 20 días, lo que permitió la continuación y estabilización del proceso fermentativo.

Figura 10. Segunda fermentación de los tratamientos



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.11 Trasiego II

Al finalizar la segunda fermentación, se realizó un segundo trasiego. Este procedimiento se llevó a cabo evitando la perturbación de los sedimentos asentados, lo que permitió separación de la mayor parte de los sedimentos del líquido.

Figura 11. Segundo trasiego de los tratamientos



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.12 Clarificación

Posterior al segundo trasiego, se aplicó bentonita cálcica previamente hidratada en una relación 1:10 (63 g de bentonita cálcica en 630 g de agua purificada). La mezcla se preparó a una temperatura de 75 °C, asegurando una dispersión homogénea y libre de grumos, y posteriormente se dejó reposar durante 2 horas en refrigeración para completar el proceso de hidratación.

Transcurrido este tiempo, se adicionaron 35 g de la suspensión de bentonita a cada tratamiento, dejándose actuar durante un período de 72 horas en recipientes herméticamente cerrados, sin ningún tipo de entrada de aire.

Figura 12. Clarificación de los tratamientos



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.13 Filtrado II

Se realizó un filtrado de cada tratamiento del hidromiel previamente clarificados mediante un filtro de placas equipado con almohadillas filtrantes N° 03, destinadas a una filtración fina, lo que permitió la eliminación del sedimento fino remanente y la obtención del hidromiel con mayor limpidez.

Figura 13. Filtrado final de los tratamientos



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.14 Pasterización II

Una vez concluida la etapa de filtración, el hidromiel fue sometido a un proceso de pasteurización, aplicando una temperatura comprendida entre 60 y 65 °C durante 20 minutos, con el fin de prolongar la vida útil del producto final. Posteriormente, el producto fue enfriado de manera controlada hasta alcanzar una temperatura aproximada de 40 °C, momento en el cual se procedió a la determinación del contenido alcohólico, pH, densidad, sólidos solubles y acidez.

Figura 14 *Pasteurización final de los tratamientos del hidromiel*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.15 Envasado

Los diferentes tratamientos del hidromiel fueron envasados en botellas de vidrio color ámbar previamente esterilizadas a una temperatura aproximada de 40 °C, dejando un espacio de cabeza de 4 a 5 cm entre el nivel del líquido y la tapa.

Figura 15. *Envasado del hidromiel*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.6.16 Almacenado

El producto fue almacenado bajo condiciones higiénicas controladas, protegido de contaminantes externos y de la exposición directa a la luz solar, manteniéndose a temperatura ambiente con el fin de preservar su estabilidad y calidad.

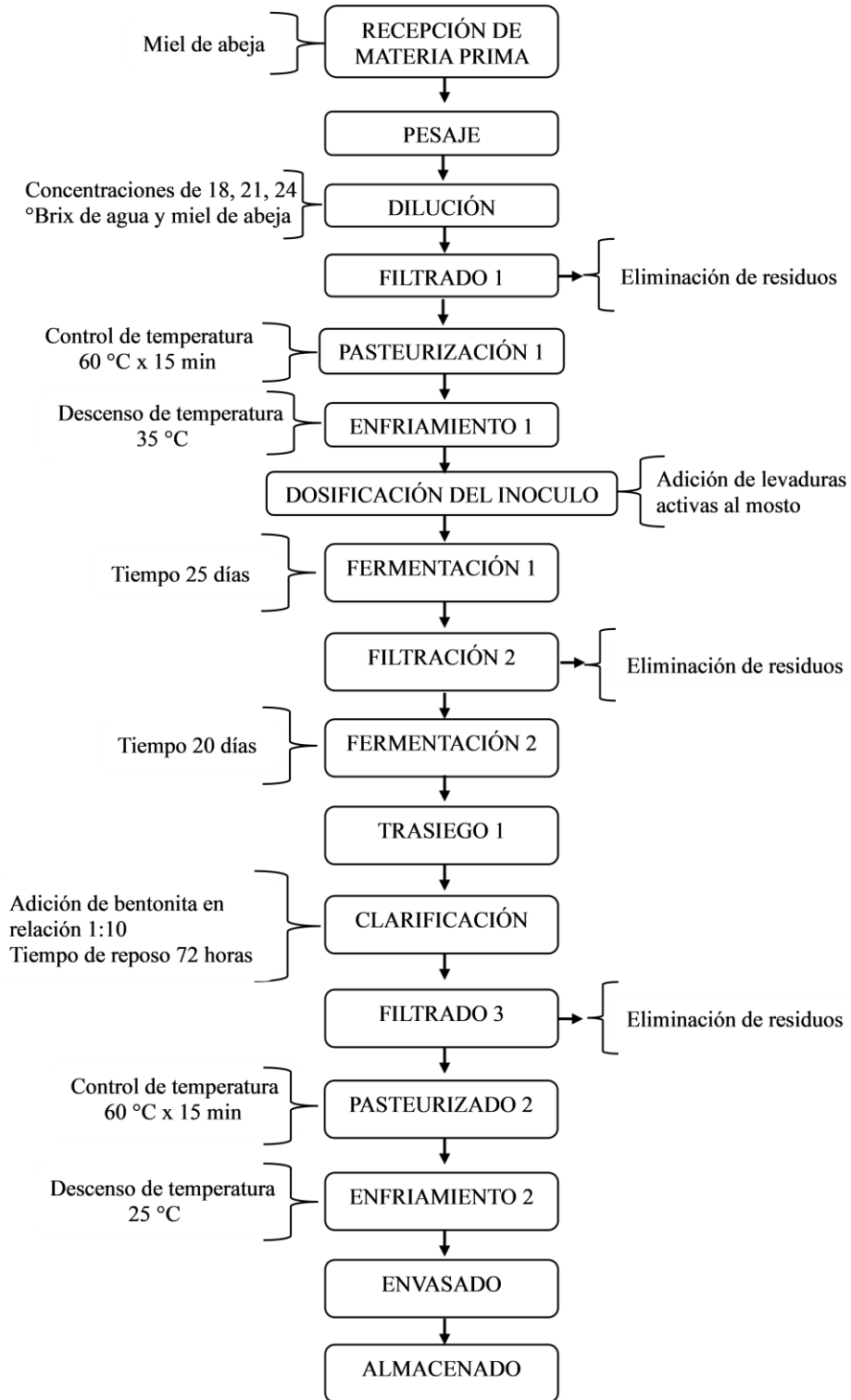
Figura 16. *Almacenamiento del producto final*



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.7 Diagrama de flujo del proceso de producción del hidromiel

Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de producción del hidromiel



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.7.8 Metodologías empleadas para el análisis proximal de la miel de abeja

2.7.8.1 Humedad

Como lo establece INEN (2013), el método 1442 permite la determinación del contenido de humedad en productos alimenticios mediante la incorporación de la muestra a un medio inerte y su posterior secado en una mufla a una temperatura controlada de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar peso constante, considerando la pérdida de masa obtenida como equivalente al contenido de agua presente en la muestra.

Para determinar el contenido de humedad de la miel, se tomó una porción representativa de la muestra homogeneizada y se colocó en un recipiente adecuado para facilitar la evaporación del agua durante el proceso de secado.

La muestra preparada se secó en una mufla a $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar un peso constante. Tras el secado, el recipiente se enfrió a temperatura ambiente en un desecador, tras lo cual se realizó un pesaje final. Con base en estos datos, se procedió al cálculo del contenido de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

m_0 : masa del recipiente vacío (g)

m_1 : masa del recipiente con la muestra antes del secado (g)

m_2 : masa del recipiente con la muestra después del secado (g)

2.7.8.2 Azúcares totales

De acuerdo con AOAC (2019), el método 977.20 facilita la determinación el contenido de azúcares totales indirectamente mediante la medición refractométrica de la humedad y su posterior cálculo por diferencia.

La muestra de miel se homogeneizó uniformemente. Posteriormente, se midió con un refractómetro calibrado con agua destilada y ajustado a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Se colocó una pequeña porción de la muestra sobre el prisma del refractómetro y se midió el índice de refracción.

El valor obtenido fue convertido a contenido de humedad en porcentaje utilizando las tablas oficiales establecidas en el método AOAC 977.20. Finalmente, el contenido de azúcares totales se

calculó por diferencia, restando el porcentaje de humedad al 100 %, conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Azúcares totales (\%)} = 100 - \text{Humedad (\%)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.7.8.3 Proteínas

Conforme a lo establecido por INEN (2013), la metodología 937 fundamenta la cuantificación del nitrógeno total presente en muestras de alimentos mediante la aplicación del método Kjeldahl, bajo el supuesto de que dicho nitrógeno corresponde principalmente al contenido de proteína cruda de la muestra.

Para la determinación del contenido de proteínas, se pesó una muestra representativa de miel de abeja, la cual fue colocada en un tubo de digestión. Posteriormente, se adicionó ácido sulfúrico concentrado junto con un catalizador, procediéndose a la digestión de la muestra hasta la obtención de una solución transparente, lo que permitió la conversión del nitrógeno orgánico en sulfato de amonio.

Una vez finalizada la digestión, la muestra fue enfriada y sometida a un proceso de alcalinización mediante la adición de una base fuerte, con el fin de liberar el nitrógeno en forma de amoníaco. El amoníaco generado fue separado por destilación y capturado en una solución receptora adecuada. Finalmente, el amoníaco retenido fue cuantificado mediante titulación con una solución estándar de ácido, lo que permitió determinar el contenido de nitrógeno total.

A partir del valor de nitrógeno obtenido, el contenido de proteína cruda se calculó aplicando el factor de conversión correspondiente, conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Proteína cruda (\%)} = N \times F \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

N = porcentaje de nitrógeno total determinado en la muestra (%)

F = factor de conversión para proteína (generalmente 6,25 en alimentos y miel)

2.7.8.4 Acidez libre

De acuerdo al INEN (1989), el procedimiento normalizado 1634 permite la determinación de la acidez total en la miel de abeja mediante una valoración ácido-base con un álcali, utilizando

un medidor de pH. Este procedimiento posibilita la cuantificación de la cantidad de ácidos orgánicos libres presentes en la muestra.

Para determinar el contenido de ácido libre, la miel se homogeneizó y filtró para eliminar impurezas. El análisis se realizó por duplicado en un vaso de precipitados de 250 ml, añadiendo 10 g de muestra a 73 ml de agua sin CO₂. La mezcla se agitó hasta su completa dispersión, tras lo cual se midió el pH inicial.

Luego, la solución se tituló con solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,05 N y la adición se detuvo cuando el pH alcanzó 8,5. Inmediatamente después, se adicionaron 10 ml de NaOH 0,05 N y se realizó una retitulación rápida con ácido clorhídrico (HCl) 0,05 N hasta alcanzar un pH final de 8,3. Con base en los volúmenes consumidos, se calculó el contenido de acidez libre, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez libre} = \frac{(\text{ml NaOH } 0,05 \text{ N} - \text{ml del título en blanco}) \times 50}{\text{g de muestra}} \quad (\text{Ecuación } 4)$$

Donde:

ml NaOH 0,05 N = volumen de NaOH 0,05 N consumido para titular la muestra.

ml del título en blanco = volumen de NaOH 0,05 N consumido en la titulación del blanco (agua + titulante, sin muestra). Esta corrección elimina la interferencia de reactivos.

50 = factor constante que incorpora la normalidad del NaOH y la conversión para expresar el resultado en meq/100 g de miel.

g = masa de muestra de miel titulada (en gramos).

2.7.8.5 pH

De acuerdo con lo establecido por INEN (2020), el procedimiento estandarizado 1842 permite la determinación del pH en productos alimenticios líquidos, fácilmente filtrables o semisólidos. La medición se realizó mediante el uso de un medidor de pH previamente calibrado, lo que permitió determinar con precisión el potencial de hidrógeno de cada muestra.

Para establecer el valor de pH, se realizó primero la calibración del potenciómetro usando una solución tampón de pH 7. Luego, las muestras fueron mezcladas suavemente, y después se introdujeron los electrodos específicos de manera directa en la muestra preparada, garantizando la adecuada inmersión del electrodo de referencia

Se permitió que el aparato estabilizara la señal antes de anotar el valor de pH en el momento en que se logró un nivel estable. Este procedimiento se realizó por duplicado, con el fin de garantizar la reproducibilidad de los resultados. Finalmente, el electrodo fue enjuagado con agua destilada entre cada medición para evitar contaminación cruzada y la presencia de residuos.

2.7.8.6 Cenizas

Según INEN (2013), la metodología 936 describe el procedimiento para la determinación del contenido de cenizas totales en alimentos, el cual se basa en la incineración completa de la materia orgánica de la muestra a alta temperatura en una mufla, hasta la obtención de un residuo inorgánico de peso constante, correspondiente al contenido total de cenizas.

El contenido de cenizas en la miel de abeja fue determinado utilizando el método gravimétrico. Inicialmente, se empleó un crisol previamente calcinado en la mufla, el cual fue enfriado en un desecador y posteriormente tarado. A continuación, se pesó una muestra representativa de la miel y se colocó cuidadosamente en el crisol.

La muestra fue sometida a incineración en mufla a una temperatura aproximada de 550 °C, manteniéndose en estas condiciones hasta lograr la eliminación completa de la materia orgánica y la obtención de un residuo inorgánico estable. Una vez finalizado el proceso de incineración, el crisol fue retirado de la mufla y enfriado en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. Finalmente, se procedió al pesaje del residuo, a partir del cual se determinó el contenido de cenizas totales, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Cenizas totales (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

m_0 = masa del crisol vacío (g)

m_1 = masa del crisol + muestra antes de la incineración (g)

m_2 = masa del crisol + cenizas después de la incineración (g)

2.7.9 Metodologías empleadas en los análisis fisicoquímicos del hidromiel

2.7.9.1 Grado alcohólico

Conforme al INEN (2002), el método 2322 para la determinación del contenido de alcohol etílico en bebidas alcohólicas establece un procedimiento estandarizado, reproducible y confiable para la cuantificación del porcentaje de alcohol, expresado en volumen (% v/v) o en masa. El presente reglamento regula la utilización de métodos analíticos como la destilación de muestras,

así como los métodos gravimétricos e instrumentales, de acuerdo con los criterios técnicos establecidos.

Para determinar el contenido de alcohol por densidad, se utilizó uno de los métodos generalmente aceptados. Primero se comprobó la presencia de burbujas en la bebida y se mantuvo su temperatura a 20 °C. La muestra fue colocada en una probeta de 250 ml, en la cual se midió la densidad inicial del mosto antes de iniciar el proceso de fermentación, utilizando un densímetro para bebidas alcohólicas debidamente calibrado.

Una vez concluido el proceso de fermentación, se realizó una segunda medición correspondiente a la densidad final, bajo las mismas condiciones de temperatura e instrumentación. Las densidades iniciales y finales obtenidas fueron utilizadas para el cálculo del porcentaje de alcohol etílico, expresado en % v/v, conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Alcohol (\% v/v)} = \frac{(\text{DI} - \text{DF}) \times 131}{100} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

DI= Densidad inicial antes de la fermentación

DF= Densidad final después de la fermentación

131 = Factor empírico de conversión

2.7.9.2 pH

Según el INEN (2002), la metodología 2325 describe los ensayos fisicoquímicos aplicables a la cerveza y a otras bebidas alcohólicas, entre los cuales se incluyen la determinación del pH, la acidez, el contenido de alcohol etílico y el dióxido de carbono. Estos métodos permiten evaluar la calidad, la estabilidad y las características químicas de las bebidas fermentadas, conforme a procedimientos estandarizados.

En la determinación del pH, se empleó un medidor de pH previamente calibrado y electrodos adecuados, lo que permitió medir de manera precisa el potencial de hidrógeno de cada muestra. El análisis se realizó en muestras de hidromiel correspondientes a las concentraciones iniciales y finales del proceso de fermentación.

Previo a la medición, el equipo fue calibrado utilizando una solución tampón (buffer) de pH 7,0, conforme a las especificaciones del método normativo. Posteriormente, las muestras fueron homogeneizadas mediante agitación suave para asegurar su uniformidad.

Una vez preparadas, se procedió a la inmersión de los electrodos en cada muestra, verificando que el electrodo de referencia permaneciera correctamente sumergido. Se permitió la estabilización de la señal del equipo y, una vez alcanzada una lectura constante, se registró el valor de pH correspondiente a cada muestra.

2.7.9.3 Densidad

Con base al INEN (2010), el procedimiento normalizado 857 establece el método para la determinación de la densidad relativa o gravedad específica en líquidos, con aplicación en bebidas alcohólicas y no alcohólicas, soluciones azucaradas y otros productos líquidos de origen alimenticio. Este método se fundamenta en la medición directa de la densidad mediante el uso de densímetros (hidrómetros) u otros instrumentos equivalentes debidamente calibrados.

En la determinación de la densidad en las concentraciones iniciales y finales del hidromiel. Se vertieron 250 ml de muestra previamente desgasificada, en una probeta graduada limpia y seca. A continuación, se introdujo cuidadosamente el densímetro adecuado para bebidas alcohólicas en el interior de la probeta, evitando el contacto con las paredes del recipiente y la formación de burbujas de aire.

El instrumento se dejó estabilizar durante aproximadamente un minuto, tras lo cual se realizó la lectura de la densidad al nivel correcto del menisco, conforme a las especificaciones del método. Este procedimiento se repitió para cada tratamiento experimental, registrándose los valores obtenidos para su posterior análisis.

2.7.9.4 Sólidos solubles (°Brix)

De acuerdo con NORMEX (2009), el método 103 describe el procedimiento para la determinación de los grados Brix (°Brix) en alimentos y bebidas, el cual se basa en la medición del contenido de sólidos solubles mediante el uso de un refractómetro. Este método permite expresar los resultados como gramos de sacarosa por cada 100 g de solución, o como su equivalente refractométrico cuando la matriz del alimento contiene otros solutos disueltos.

Se emplearon muestras homogeneizadas para establecer el contenido de sólidos solubles (°Brix) de las concentraciones inicial y final de la miel. Después de calibrar el equipo, se vertió una alícuota de la muestra en el prisma del refractómetro, garantizando que el líquido cubriera

apropiadamente la superficie óptica. Después de que las mediciones se estabilizaron, se registraron las lecturas de Brix y se anotó el valor respectivo para cada muestra analizada.

2.7.9.5 Acidez total

Según el INEN (2002), la metodología 2323 corresponde a la determinación de la acidez total en bebidas alcohólicas, particularmente en cerveza, y emplea el método de titulación ácido-base utilizando fenolftaleína como indicador. Este método se fundamenta en la neutralización de los ácidos presentes en la muestra mediante la adición controlada de una solución alcalina de concentración conocida, generalmente hidróxido de sodio (NaOH). La fenolftaleína actúa como indicador ácido-base y, al final de la titulación, muestra un cambio de color característico de incoloro a rosa claro, lo que permite determinar el tiempo de neutralización completa de los ácidos.

La acidez total en las concentraciones inicial y final del hidromiel se determinó mediante titulación ácido-base. Se tomó una alícuota de 25 ml de la muestra homogeneizada para su análisis y se colocó en un vaso de precipitados limpio y seco.

Se añadieron tres gotas de fenolftaleína como solución indicadora y se realizó la titulación con una solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, con agitación constante. La titulación se prolongó hasta la aparición de un color rosa tenue y persistente, correspondiente al punto de equivalencia de la reacción.

Una vez alcanzado el punto final, se verificó el registro del volumen de titulación vertido desde la bureta. Este valor fue empleado para el cálculo de la acidez total de cada muestra analizada, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez total} \left(\frac{\text{g de ácido tartárico}}{\text{L}} \right) = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times 0,075 \times 1000}{V_{\text{Muestra}}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

V_{NaOH} = volumen de hidróxido de sodio consumido en la titulación (ml)

N_{NaOH} = normalidad de la solución de NaOH (0,1 N)

0,075 = factor de conversión del ácido tartárico (g/meq)

V_{Muestra} = volumen de la muestra analizada (ml)

2.7.10 Metodología empleada en el análisis sensorial

Se utilizó una ficha QDA (*Quantitative Descriptive Analysis*), la cual permite la identificación, definición y cuantificación de atributos sensoriales específicos de un producto, tales como aroma, sabor, color y cuerpo, mediante la evaluación de un panel sensorial entrenado (Cárdenas et al., 2018). Este método consiste en determinar las cualidades sensoriales de un producto a través del acuerdo entre paneles de semientrenados, y después calcular las diferencias sensoriales entre las muestras analizadas.

La evaluación se realizó utilizando una escala lineal no estructurada, en la cual el extremo inferior representa la ausencia del atributo y el extremo superior corresponde a su máxima intensidad. La intensidad de cada atributo se determinó midiendo la distancia desde el origen de la escala hasta el punto señalado por cada panelista. De esta manera, se obtuvo un perfil sensorial cuantitativo, caracterizado por su objetividad, precisión y reproducibilidad, lo que permite una comparación confiable entre muestras (Domínguez, 2007).

2.7.10.1 Procedimiento del análisis sensorial (QDA)

Como primera etapa, los panelistas participaron en una fase de familiarización y entrenamiento, orientada al reconocimiento de los atributos sensoriales relevantes para la categoría del producto. Durante esta etapa, se utilizaron muestras patrón con el fin de estandarizar la percepción de intensidad de cada atributo evaluado. Los productos de referencia empleados fueron los siguientes:

- Dulzor: soluciones de sacarosa a 20 g/L (nivel medio) y 40 g/L (nivel alto).
- Acidez: soluciones de ácido cítrico a 1 g/L (nivel medio) y 2 g/L (nivel alto).
- Astringencia: infusión de té negro al 0,2 % v/v (nivel medio) y 0,4 % v/v (nivel alto).
- Amargor: soluciones de cafeína a 0,3 g/L (nivel medio) y 0,6 g/L (nivel alto).
- Fermento/levadura: muestra de cepa representativa.
- Atributos aromáticos: muestra de miel de abeja.

Después, se realizó la evaluación sensorial mediante la ficha QDA. Cada panelista examinó las muestras por separado, cumpliendo con el orden que estableció el servidor. Los evaluadores señalaron la intensidad percibida de cada atributo al trazar una línea vertical en una escala lineal no estructurada de 15 cm, donde "nada/ausente" estaba en 0 cm y "muy intenso", en 15 cm".

Figura 18. Escala lineal de medición

Nada (0)	0	15	Muy intenso (15)
-------------	---	----	------------------------

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Las evaluaciones se realizaron bajo condiciones controladas: se sirvieron 30 ml por muestra, utilizando copas de plástico transparentes. Las muestras fueron codificadas con números aleatorios de tres dígitos. Entre cada muestra, los panelistas enjuagaron la boca con agua potable y descansaron entre 30 y 45 segundos para evitar la fatiga sensorial.

Finalmente, la intensidad de cada atributo se determinó midiendo la distancia desde el extremo izquierdo de la escala hasta el punto marcado por cada panelista. Los valores obtenidos fueron registrados y organizados en una hoja de cálculo en Microsoft Excel para su posterior análisis estadístico. La ficha QDA utilizada para la evaluación sensorial se encuentra detallada en el *Anexo 4*.

2.7.10.2 Parámetros sensoriales evaluados

Tabla 7. Descripción de los parámetros sensoriales analizados

Parámetro	Descripción	
Aspecto Visual	Limpidez/Claridad	Refiere a cuán transparente o libre de turbidez está la muestra cuando se observa a simple vista. La claridad es un atributo visual importante en líquidos y se describe desde transparente a turbio según percepción de los evaluadores.
	Intensidad de color	Corresponde a qué tan marcado o pronunciado es el color de la muestra, por ejemplo, claro, medio o intenso y ayuda a caracterizar el producto según su composición y procesamiento sensorial.
	Brillo	Este atributo describe la reflexión de la luz en la superficie del producto. Un mayor brillo suele asociarse con calidad visual y frescura, mientras que un brillo bajo puede indicar opacidad o falta de atractivo visual.
Aspecto Aromático	Miel	Este descriptor hace referencia a notas aromáticas características que recuerdan a miel (dulces, florales), que pueden deberse a compuestos volátiles específicos presentes en el producto.

	Indica la presencia de aromas que recuerdan a fermentación o productos de levadura, lo cual puede sugerir fermentación controlada o presencia de compuestos derivados de procesos fermentativos.
Fermento/Levadura	
Dulzor	Es uno de los tastes básicos percibidos por el sentido del gusto. El dulzor es la percepción agradable asociada a azúcares o compuestos dulces.
Acidez	El gusto dulce es uno de los sabores primarios que las papilas sienten. Es una impresión agradable ligada a los azúcares o a sustancias con dulzor. Una impresión nacida de los jugos ácidos en algo, que activa los receptores que responden a lo agrio.
Amargor	Otro de los gustos básicos, relacionado con ciertos compuestos amargos, y suele evaluarse por su intensidad en boca.
Astringencia	Este no es un sabor primario, sino una sensación táctil seca o áspera en la boca, característica de la presencia de taninos o polifenoles. A menudo se mide por separado del amargor, aunque ambos pueden confundirse.
Aspecto Gustativo Cuerpo/Viscosidad	Describe cómo se siente el producto en boca: un mayor cuerpo o viscosidad se percibe como más denso, grueso o persistente. Este atributo está relacionado con la sensación táctil más que con gusto puro.
Calor Alcohólico	Sensación de calor o “calentamiento” percibida en boca y garganta producida por el alcohol etílico. A mayor porcentaje de alcohol suele incrementarse esta sensación.
Equilibrio Global	Se refiere a la armonía entre los distintos atributos sensoriales (dulzor, acidez, amargor, aroma); un producto bien equilibrado no presenta un atributo que domine negativamente sobre los demás.
Regusto/Persistencia	Es la duración de las sensaciones (aromáticas y gustativas) después de que el producto ha sido ingerido o retirado de la boca. A mayor persistencia, mayor es la percepción remanente de sabores y aromas.

2.7.11 Metodologías empleadas en el análisis nutricional del mejor tratamiento

El análisis nutricional del mejor tratamiento del hidromiel se realizó en el laboratorio.

- Valor energético: Cálculo
- Carbohidratos totales: Cálculo
- Sólidos solubles: NMX-F-103-NORMEX-2009
- Proteínas: INEN ISO 937
- Grasas totales: INEN ISO 1443
- Contenido de alcohol (% v/v): NTE INEN 2322

2.7.12 Metodología del análisis microbiológico del mejor tratamiento

El análisis microbiológico del mejor tratamiento del hidromiel se realizó en el laboratorio.

- *Salmonella spp.*: ISO 6579:2017
- Mohos y levaduras: INEN 1529-10

2.7.13 Determinación de capacidad antioxidante del mejor tratamiento

- Capacidad Antioxidante: Espectrofotometría/DPPH

2.8 Hipótesis y Preguntas científicas

2.8.1 Hipótesis nula

H0: El tipo de levadura y la concentración de sólidos totales iniciales no incide en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del hidromiel.

2.8.2 Hipótesis alternativa

H1: El tipo de levadura y la concentración de sólidos solubles totales iniciales si inciden en los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del hidromiel.

2.8.3 Validación de hipótesis

En la determinación de las variables de hipótesis, se estableció como variable dependiente las características fisicoquímicas y sensoriales del hidromiel, seguida de las variables independientes al tipo de levadura y las concentraciones iniciales de sólidos solubles totales, expresadas en °Brix. El estudio se desarrolló bajo un diseño factorial completamente aleatorizado de tipo 3×3 , el cual permitió evaluar el efecto individual y la interacción entre las variables independientes de las características fisicoquímicas. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el programa InfoStat, considerando como variables de respuesta las características fisicoquímicas.

De manera complementaria, el análisis sensorial se llevó a cabo utilizando una ficha de *Análisis Descriptivo Cuantitativo* (QDA), aplicada a un panel conformado por 15 catadores semientrenados, quienes evaluaron los atributos sensoriales del producto de forma sistemática y controlada.

2.9 Diseño experimental

2.9.1 Factores de estudio

Se presenta en la tabla N°8 los factores de estudio designados dentro del diseño experimental para la elaboración de los diferentes tratamientos del hidromiel, estableciendo de manera clara los niveles evaluados en cada tratamiento.

Tabla 8. Cuadro de factores de estudio

Factores	Niveles
Factor a: Tipos de cepas de levaduras	a ₁ : Lalvin EC1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>) a ₂ : SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) a ₃ : FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)
Factor b: Concentración de sólidos solubles (°Brix)	b ₁ : 18 °Brix b ₂ : 21 °Brix b ₃ : 24 °Brix

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.9.2 Tratamientos de estudio

En la Tabla N°9 se presentan los nueve tratamientos experimentales, los cuales fueron aplicados por duplicado, con el objetivo de asegurar la confiabilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos durante el desarrollo de las formulaciones.

Tabla 9. Cuadro de tratamientos de estudio

Tratamiento	Réplica	Factor A (cepas de levadura)	Factor B (grados brix)	Combinaciones
t1	I	Lalvin ec-1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>)	18°	a ₁ b ₁
t2	I	Lalvin ec-1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>)	21°	a ₁ b ₂

t3	I	Lalvin ec-1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>)	24°	a ₁ b ₃
t4	I	SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	18°	a ₂ b ₁
t5	I	SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	21°	a ₂ b ₂
t6	I	SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	24°	a ₂ b ₃
t7	I	FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	18°	a ₃ b ₁
t8	I	FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	21°	a ₃ b ₂
t9	I	FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	24°	a ₃ b ₃
t1	II	Lalvin ec-1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>)	18°	a ₁ b ₁
t2	II	Lalvin ec-1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>)	21°	a ₁ b ₂
t3	II	Lalvin ec-1118 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ex. <i>Bayanus</i>)	24°	a ₁ b ₃
t4	II	SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	18°	a ₂ b ₁
t5	II	SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	21°	a ₂ b ₂
t6	II	SafAle S-04 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	24°	a ₂ b ₃
t7	II	FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	18°	a ₃ b ₁
t8	II	FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	21°	a ₃ b ₂
t9	II	FERMIVIN 4F9 (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>Bayanus</i>)	24°	a ₃ b ₃

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.9.3 Variables e indicadores

En la Tabla N°10 se establecieron las variables del estudio, identificándose como variable dependiente las características fisicoquímicas y sensoriales del hidromiel, y como variables independientes los tipos de levadura y las concentraciones iniciales de grados brix, las cuales fueron evaluadas mediante sus respectivos indicadores y unidades de medida.

Tabla 10. Variables e indicadores

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Medición
Características fisicoquímicas	Tipos de levadura y concentraciones de sólidos solubles iniciales	Contenido de alcohol	% v/v
		pH	Unidades
		Densidad	g/ml
		Acidez	g/L
		Sólidos solubles	°Brix
Características sensoriales		Aspecto visual	Unidades
		Aspecto aromático	Unidades
		Aspecto gustativo	Unidades
		Aceptabilidad general	Unidades

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

En la Tabla N°11 se presentan las variables e indicadores correspondientes a los análisis aplicados al mejor tratamiento.

Tabla 11. Variables e indicadores del mejor tratamiento

Variable	Indicador	Medición
Análisis nutricional	Valor energético	kcal / 100 g
	Carbohidratos totales	g / 100 g
	Grados Brix	°Brix
	Proteínas	g / 100 g
	Grasas totales	g / 100 g
	Contenido de alcohol	% v/v
Análisis microbiológico	Mohos y Levaduras	UFC/ g
	<i>Salmonella ssp.</i>	Ausencia/Presencia
Capacidad Antioxidante	DPPH	µg ácido gálico/ml

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.9.4 Modelo matemático para los análisis fisicoquímicos de los tratamientos

En la tabla N°12 se presenta un diseño factorial completamente aleatorizado de tipo 3×3 (DCA), en el que se evaluaron dos factores: el tipo de levadura (con tres niveles) y la concentración de agua y miel de abeja mediante la cuantificación de sólidos solubles (con tres niveles), generando un total de nueve tratamientos experimentales correspondientes a todas las combinaciones posibles

entre ambos factores. Cada tratamiento será evaluado con dos réplicas independientes, lo que permitirá estimar la variabilidad experimental y asegurar la validez estadística de los resultados.

Tabla 12. Esquema de Anova para el análisis fisicoquímico

Fuente de variación	Grados de libertad	Fórmula
Repeticiones	1	$r - 1$
Factor a	2	$a - 1$
Factor b	2	$b - 1$
a x b	4	$(a - 1)(b - 1)$
Error Experimental	8	Diferencia (total-grados de libertad)
Total	17	$(a \times b) r - 1$

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

2.10 Análisis y discusión de resultados

2.10.1 Análisis proximal de la miel de abeja

Los parámetros proximales evaluados en la miel de abeja obtenida en la apícola Karlymiel permitieron determinar su composición, grado de pureza y su respectiva calidad del producto, de acuerdo con los criterios establecidos por normativa técnica vigente.

En la tabla N°13 se presentan los resultados del análisis proximal de la miel de abeja evaluada.

Tabla 13. Resultados del análisis proximal de la miel de abeja

Análisis	Resultados	Comparación con normativa	
Acidez	16,52 meq/Kg	50 meq/Kg Máx.	NTE INEN 1572:2016
pH	4,03	3,4 – 6,1	Codex Stan 12-1981
Humedad	16,48 g/100g	20 g/100g Máx.	NTE INEN 1572:2016
Ceniza	0,53 g/100g	0,5 g/100g Máx.	NTE INEN 1572:2016
Proteína	0,23 g/100g	Menor al 1%	Echeverría (2023)
Azúcares totales	75,02 g/100g	65 g/100g Mín.	NTE INEN 1572:2016

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Los valores de humedad, ceniza, acidez libre, azúcares totales se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1572:2016 para miel de abeja, lo que certifica el cumplimiento de los requisitos de calidad y pureza del producto. Asimismo, el valor del pH determinado se encuentra dentro del rango establecido por la norma Codex Stan 12-1981. Según Echeverría (2023), la miel de abeja contiene menos del 1 % de proteínas, constituidas

principalmente por compuestos nitrogenados. Estos resultados confirman que el producto cumple con los parámetros establecidos, siendo apto para su utilización, ya que no genera alteraciones en el producto final elaborado.

2.10.2 Parámetros físico-químicos de los tratamientos obtenidos en la elaboración de hidromiel aplicando distintos tipos de levadura y concentración de sólidos solubles iniciales

Los parámetros fisicoquímicos, tales como el contenido alcohólico, pH, densidad, sólidos solubles y acidez fueron determinados con el objetivo de evaluar la adaptación de las levaduras aplicadas y la generación de etanol en los distintos tratamientos, así como verificar que los valores fisicoquímicos obtenidos del hidromiel no presenten alteraciones significativas en relación con los datos reportados en investigaciones previas.

2.10.2.1 Contenido alcohólico obtenido del hidromiel

En la Tabla N°14 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los valores finales del grado alcohólico obtenidos en el hidromiel.

Tabla 14. Análisis de varianza del % alcohol v/v

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
Repetición	9,5339	1	9,5339	5,1653	0,0527	ns
T. L	69,4754	2	34,7377	18,8202	0,0009	**
S. S. I	2,3186	2	1,1593	0,6281	0,5580	ns
T. L * S. S. I	5,3924	4	1,3481	0,7304	0,5959	ns
Error	14,7661	8	1,8458			
Total	101,4863	17				
CV	20,2909					

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor a T.L: Tipo de levadura

Factor a S.S. I: Sólidos solubles iniciales

T.L*S. S. I: Interacción del Factor a * Factor b

ns: No significativo

****:** Altamente significativo

***:** Significativo

El modelo estadístico resultó significativo con un p-valor inferior a 0,05, lo que demuestra que los factores evaluados explican en gran medida la variabilidad observada en el porcentaje de alcohol v/v. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa,

debido a que uno de los factores actúa de manera independiente y ejerce influencia sobre el parámetro de producción de alcohol.

El factor (a) mostró un efecto altamente significativo con un p-valor menor a 0,01, evidenciando que el tipo de levadura aplicada es determinante en la producción de etanol durante los procesos fermentativos. De acuerdo con lo reportado por Yanca & Delgado (2025), el tipo de levadura empleada condiciona significativamente la generación de alcohol, al influir en la eficiencia fermentativa, la tolerancia al etanol y la dinámica metabólica de conversión de azúcares.

El coeficiente de variación (C.V. = 20,2909) evidencia una variabilidad alta en los datos y una dispersión en resultados obtenidos, esto se tribuye a la naturaleza biológica del proceso fermentativo, en la cual los procesos metabólicos complejos son difíciles de controlar experimentalmente especialmente en la producción de alcohol en la cual cada cepa produce diferentes niveles. De acuerdo con Sosa et al. (2025), la elevada variabilidad intrínseca del metabolismo fermentativo y la sensibilidad del rendimiento etanólico a microvariaciones en las condiciones de proceso incrementan la varianza residual del modelo, elevando proporcionalmente el coeficiente de variación.

➤ **Pruebas de Tukey en el contenido de alcohol**

Tabla 15. Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre el % alcohol v/v

Error: 1,8458		Gl: 8		DMS: 2,24133	
T. L	Medias	N	E. E		
a₃	8,7770	6	0,5546	A	
a₁	7,2487	6	0,5546	A	
a₂	4,0610	6	0,5546	B	

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor a: **T. L:** Tipo de levadura. **n:** Tamaño de la muestra. **E. E:** Error Experimental. **a₃:** Levadura Fermivin 4F9
a₁: Levadura Lalvin Ec-1118 **a₂:** Levadura SafAle S-04

En la Tabla N°15 se observa que el tipo de levadura presentó un efecto altamente significativo; la levadura (a₃) alcanzó una producción de alcohol de 8,7770 % v/v, mientras que la levadura (a₁) registró un nivel de 7,2487 % v/v, ambas situadas en el rango A. Por su parte, la levadura (a₂) mostró un desempeño menor, con 4,0610 %v/v, ubicándose en el rango B.

De acuerdo con Tierra (2024), las levaduras del tipo *Saccharomyces* son capaces de llegar a niveles alcohólicos de 9,20% v/v, en tanto que la levadura SafAle posee valores cercanos al 5,60% v/v y las levaduras salvajes, alrededor del 8,20% v/v. De igual manera Caicedo et al. (2023),

menciona un rango de producción alcohólica entre 8 y 10 % v/v en hidromieles elaboradas bajo condiciones similares, lo que respalda la tendencia observada en esta investigación.

El grado alcohólico obtenido en cada cepa de levadura evaluada se asocia con sus propiedades fisiológicas y metabólicas, así como con los parámetros previamente descritos, tales como densidad, sólidos solubles finales, pH y acidez. Según Queiroz et al. (2024), las cepas de levaduras del tipo *Bayanus* pueden alcanzar niveles de alcohol de hasta un 15 %, debido a su metabolismo estable y tolerante a altas concentraciones de azúcares y presión osmótica, lo que permite una fermentación más eficiente de glucosa y fructosa presentes en el mosto. Por otro lado, las levaduras del tipo *S. cerevisiae* presentan un metabolismo menos tolerante al estrés osmótico generado por el alto contenido de azúcares en la miel, logrando un nivel de alcohol final más bajo, cercano al 4 %, debido a que la eficiencia fermentativa se ve limitada por estas condiciones.

Debido a la ausencia de una normativa específica para hidromiel, los resultados obtenidos se compararon de manera referencial con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 372, la cual establece los requisitos para el vino e indica un contenido mínimo de alcohol de 7,0 % v/v y un máximo de 14,0 % v/v. Considerando la similitud en los procesos fermentativos y en los parámetros fisicoquímicos evaluados, el tratamiento (a₃b₃) cumple con lo establecido por esta normativa, destacándose como el de mejor desempeño en la producción de alcohol y evidenciando que el tipo de cepa de levadura presentó adecuada adaptación osmótica a las condiciones del sustrato.

2.10.2.2 pH obtenido del hidromiel

En la Tabla N°16 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los valores finales de pH obtenidos en el hidromiel.

Tabla 16. Análisis de varianza del pH

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
Repetición	0,0139	1	0,0139	2,1739	0,1786	ns
T. L	0,2478	2	0,1239	19,3913	0,0009	**
S. S. I	0,0678	2	0,0339	5,3043	0,0342	*
T. L * S. S. I	0,0089	4	0,0022	0,3478	0,8386	ns
Error	0,0511	8	0,0064			
Total	0,3894	17				
CV	2,3471					

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor A T.L: Tipo de levadura

Factor B S.S. I: Sólidos solubles iniciales

T.L*S. S. I: Interacción del Factor a * Factor b

ns: No significativo

****:** Altamente significativo

***:** Significativo

El modelo estadístico resultó significativo al presentar un p-valor inferior a 0,05, lo que evidencia que los factores evaluados explican en gran medida la variabilidad del pH en el hidromiel. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; sin embargo, la interacción entre los factores no mostró significancia, aunque de manera individual ejercen influencia sobre el parámetro evaluado.

El factor (a), correspondiente a los tipos de levadura, mostró un efecto altamente significativo con un p-valor inferior a 0,01 mientras que el factor (b), asociado a la concentración inicial de sólidos solubles, también presentó significancia. Esto indica que tanto la cepa de levadura empleada como la cantidad inicial de sólidos influyen directamente sobre el pH durante el proceso fermentativo. De acuerdo con Fiallos (2023), el tipo de levadura incide en los niveles de pH debido a las diferencias metabólicas entre cepas de levadura, las cuales presentan tasas diferenciadas en la producción de ácidos orgánicos durante la fermentación.

El coeficiente de variación (C.V. = 2,3471) evidencia una adecuada homogeneidad de los datos y una alta confiabilidad de los resultados obtenidos, reflejando una excelente precisión experimental en el desarrollo del estudio.

➤ **Pruebas de Tukey al pH**

Tabla 17. Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre el pH

Error: 0,0064		Gl: 8	DMS: 0,13187	
T. L	Medias	N	E. E	
a₃	3,5333	6	0,0326	A
a₁	3,4333	6	0,0326	A
a₂	3,2500	6	0,0326	B

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor A: T. L: Tipo de levadura **n:** Tamaño de la muestra **E. E:** Error Experimental **a₃:** Levadura Fermivin 4F9

a₁: Levadura Lalvin Ec-1118 **a₂:** Levadura SafAle S-04

Se demuestra en la Tabla N°17 que el factor tipo de levadura presentó un efecto altamente significativo, donde los tratamientos (a₃ y a₁), ubicados en el rango A, registraron medias de 5,5333 y 3,4333 respectivamente, mientras que el tratamiento (a₂) mostró una media de 3,2500 en los

valores de pH. Estos resultados evidencian que la selección de la levadura influye de manera determinante en la acidificación del hidromiel, debido a las diferencias fisiológicas y metabólicas propias de cada cepa durante la fermentación. Según Tierra (2024), presentó valores finales de pH de 3,8 en hidromieles fermentadas con levaduras del género *Saccharomyces spp.*, 3,6 al emplear la cepa de levadura SafAle US-05 y 3,4 en fermentaciones con levaduras salvajes, lo que confirma que el tipo de levadura utilizada modula directamente el grado de acidificación, como consecuencia de su metabolismo adaptativo, la producción diferencial de ácidos orgánicos y su capacidad de asimilación de sustratos durante la obtención del producto final.

De acuerdo con Bénes et al. (2015), las cepas de levadura del tipo *bayanus*, por su proximidad fisiológica y adaptación a fermentaciones de alta presión osmótica, presentan elevada tolerancia a concentraciones de azúcares, así como una síntesis controlada de ácidos orgánicos mediante un eficiente transporte de protones por la H⁺-ATPasa, el cual regula el equilibrio intracelular. Además, Mendes et al. (2010) indican que la levadura *S. cerevisiae* utilizada en la producción de vinos posee un metabolismo fermentativo más rápido, enfocado en la conversión de azúcares en etanol; como resultado, produce mayores cantidades de ácidos secundarios y presenta menor eficiencia en los mecanismos de adaptación osmótica. Esta diferencia se relaciona con la fisiología de las cepas de levadura frente al estrés químico del mosto de miel, las levaduras del tipo *bayanus* priorizan la supervivencia y estabilidad, mientras la del tipo *S. cerevisiae* desarrollan un metabolismo más intenso y acidificante.

Tabla 18. Prueba Tukey para determinar el efecto de los sólidos solubles iniciales sobre el pH

Error: 0,0064		Gl: 8		DMS: 0,13187	
S. S. I	Medias	N	E. E		
b₃	3,4833	6	0,0326	A	
b₂	3,4000	6	0,0326	A B	
b₁	3,3333	6	0,0326	B	

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor B: S. S. I: Sólidos solubles iniciales **n:** Tamaño de la muestra **E. E:** Error Experimental **b₃:** Sólidos solubles iniciales 24 (°Brix) **b₂:** Sólidos solubles iniciales 21 (°Brix) **b₁:** Sólidos solubles iniciales 18 (°Brix)

Se observa en la Tabla N°18 que la concentración de sólidos solubles iniciales presentó diferencias significativas entre tratamientos; el tratamiento (b₃) registró una media de 3,4833, agrupándose en el rango A, mientras que el tratamiento (b₂) mostró una media de 3,4000, ubicándose en un rango intermedio AB, y el tratamiento (b₁) alcanzó una media de 3,3333,

correspondiente al rango B. Estos resultados muestran que la concentración inicial de azúcares influye en la dinámica de acidificación del medio fermentativo, dado que niveles mayores de sustrato estimulan la actividad metabólica de las levaduras y, por ende, aumentan la producción de ácidos orgánicos. De manera similar, Fálcon et al. (2021) reportaron un pH de 3,53 en una bebida fermentada a base de miel de abeja, indicando que la evolución del pH se relaciona estrechamente ligada a la intensidad de la fermentación y con la cinética de consumo de los azúcares presentes.

El tratamiento (a₃b₃), con un pH de 3,6000, está dentro de un rango adecuado para hidromieles, ya que favorece la estabilidad fisicoquímica y microbiológica del producto. En este contexto, Caicedo et al. (2023) evaluaron la fermentación con miel de abeja de dos provincias del Ecuador y registraron un pH que oscilaba entre 3,20 y 3,95 en hidromiel fermentados durante 40 días, confirmando así que los valores obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los rangos típicos para este tipo de bebidas. Dichos valores de pH favorecen la inhibición de microorganismos indeseables, promoviendo la estabilidad del sistema y el equilibrio sensorial del producto final.

2.10.2.3 Densidad obtenida del hidromiel

En la Tabla N°19 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los valores finales en la densidad obtenida del hidromiel.

Tabla 19. Análisis de varianza de la densidad final

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor	
Repetición	162,0000	1	162,0000	1,1912	0,3069	ns
T. L	3507,1111	2	1753,5556	12,8938	0,0031	**
S. S. I	1165,7778	2	582,8889	4,2859	0,0543	ns
T. L * S. S. I	222,2222	4	55,5556	0,4085	0,7981	ns
Error	1088,0000	8	136,0000			
Total	6145,1111	17				
CV	1,1183					

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor A T.L: Tipo de levadura

Factor B S.S. I: Sólidos solubles iniciales

T.L*S. S. I: Interacción del Factor a * Factor b

ns: No significativo

****:** Altamente significativo

***:** Significativo

El modelo estadístico presentó significancia con un p-valor inferior a 0,05, lo que demuestra que los factores analizados explican la variabilidad observada en la densidad final del hidromiel. En función de estos resultados, se descarta la hipótesis nula y, en consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa, estableciendo que los factores evaluados de manera individual ejercen influencia sobre el parámetro estudiado.

El factor (a) enseñó un impacto muy notable con un p-valor menor a 0,01, mientras que el factor (b) no mostró ninguna clase de significancia. Esto quiere decir que la cepa de levadura usada en cada tratamiento influye de forma directa en la densidad, por el consumo de azúcares que se fermentan. De acuerdo con Cabrera (2012), la densidad se ve afectada por el poder de fermentación, la destreza para tomar azúcares y la producción de metabolitos secundarios, las cuales traen cambios en cómo los azúcares se transforman en alcohol y CO₂.

El coeficiente de variación (C.V. = 1,1183) demuestra una adecuada homogeneidad de los datos y una alta confiabilidad de los resultados obtenidos, reflejando una excelente precisión experimental durante el desarrollo de la investigación.

➤ **Pruebas de Tukey en la densidad.**

Tabla 20. Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre la densidad

Error: 136,00		Gl: 8	DMS: 19,23918	
T. L	Medias	N	E. E	
a ₂	1061,3333	6	4,7610	A
a ₁	1039,3333	6	4,7610	B
a ₃	1027,6667	6	4,7610	B

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor A: T. L: Tipo de levadura **n:** Tamaño de la muestra **E. E:** Error Experimental **a₃:** Levadura Fermivin 4F9
a₁: Levadura Lalvin Ec-1118 **a₂:** Levadura SafAle S-04

En la Tabla N°20 se observa que el tipo de levadura presentó un efecto altamente significativo, donde la levadura (a₂), ubicada en el rango A, registró una densidad media de 1061,3333 g/ml, mientras que las levaduras (a₁ y a₃), situadas en el rango B, mostraron densidades medias de 1039,3333 g/ml y 1027,6667 g/ml, respectivamente. Estos hallazgos muestran cambios vinculados al trabajo de fermentación de cada tipo de levadura revisada. De acuerdo con Pérez (2024), emplear la levadura SafAle podría producir densidades de 1,004 g/ml, en tanto que la hidromiel tradicional hecha con *Saccharomyces* llega a densidades próximos a 1,000 g/ml, números más bajos que los vistos en esta investigación. Esta manera de actuar tiene que ver con la habilidad

fermentativa propia de cada especie, la cual establece cuánto azúcar se gasta y, por lo tanto, la densidad final del líquido ya fermentado.

El comportamiento de las levaduras en este proceso metabólico se debe a las características propias de cada cepa. Según Comelli et al. (2016), menciona que las cepas del género *S. cerevisiae* presentan un metabolismo rápido e intenso, lo que permite la transformación de azúcares en etanol y CO₂; además, su metabolismo secundario produce glicerol y otros compuestos solubles que permanecen en el mosto, generando una densidad final más alta. Por otro lado, Pereira et al. (2014) señalan que las levaduras del tipo *Bayanus* muestran un ritmo de vida más controlado y estable, procesando lentamente y con menos agresividad. Esto significa que consumen azúcares poco a poco y producen bajas cantidades de metabolitos solubles. Así pues, la densidad en el hidromiel depende mucho de cuán rápido y de qué forma trabaje la levadura, y también de qué tan bien se adapte a la presión osmótica generada por el azúcar de la miel.

El tratamiento (a₃b₁), con una densidad de 1016,0000 g/ml, se considera dentro de un rango adecuado para este tipo de bebida fermentada. En relación con estudios previos, Almanza et al. (2019) reportaron densidades finales de 1003 g/ml en hidromiel natural, 1027 g/ml en hidromiel elaborada con infusión de Jamaica y 1,402 g/ml en hidromiel con infusión de menta y jengibre. En este contexto, los valores obtenidos en el presente estudio superan a los señalados por dichos autores, lo que podría atribuirse al contenido inicial de azúcares y a las condiciones de fermentación, factores que inciden directamente en el metabolismo de las cepas y en la transformación de los sustratos fermentables.

2.10.2.4 Sólidos solubles finales obtenidos del hidromiel

En la Tabla N°21 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los valores finales de sólidos solubles finales obtenidos del hidromiel.

Tabla 21. Análisis de varianza de los sólidos solubles finales

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Repetición	0,7200	1	0,7200	0,1953	0,6702	ns
T. L	131,6243	2	65,8122	17,8551	0,0011	**
S. S. I	35,7644	2	17,8822	4,8515	0,0417	*
T. L * S. S. I	36,9160	4	9,2290	2,5039	0,1254	ns
Error	29,4872	8	3,6859			
Total	234,5119	17				

CV	16,6913
----	---------

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor a T.L: Tipo de levadura

Factor b S.S. I: Sólidos solubles iniciales

T.L*S. S. I: Interacción del Factor a * Factor b

ns: No significativo

****:** Altamente significativo

***:** Significativo

El modelo estadístico resultó significativo con un p-valor inferior a 0,05, lo que demuestra que los factores evaluados influyen de manera importante en la variabilidad de los sólidos solubles finales del hidromiel. En consecuencia, se descarta la hipótesis nula y, en consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa; aunque la interacción entre factores no presentó significancia estadística, los factores analizados de forma individual sí ejercen efecto sobre el parámetro estudiado.

El factor (a) mostró un efecto altamente significativo con un p-valor menor a 0,01, mientras que el factor (b) también presentó significancia estadística, lo que indica que tanto la cepa utilizada como la concentración inicial de sólidos solubles influyen de manera independiente sobre los valores finales de estos sólidos. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Vega (2015), quien señala que las levaduras presentan diferencias fisiológicas y metabólicas, tales como afinidad por los azúcares, velocidad de consumo, tolerancia osmótica, resistencia al etanol y eficiencia fermentativa, lo que contribuyen a una reducción marcada de los sólidos solubles en el sustrato.

El coeficiente de variación (C.V. = 16,6913) evidencia una variabilidad moderada en los datos y una confiabilidad adecuada de los resultados obtenidos, reflejando una correcta precisión experimental durante el desarrollo del estudio.

➤ ***Pruebas de Tukey en los sólidos solubles finales***

Tabla 22. Prueba Tukey del efecto del tipo de levadura sobre los sólidos solubles finales

Error: 3,6859		Gl: 8		DMS: 3,16730	
T. L	Medias	N	E. E		
a ₂	14,8367	6	0,7838	A	
a ₁	11,4567	6	0,7838	B	
a ₃	8,2133	6	0,7838	C	

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor A: T. L: Tipo de levadura **n:** Tamaño de la muestra **E. E:** Error Experimental **a₃:** Levadura Fermivin 4F9

a1: Levadura Lalvin Ec-1118 **a2:** Levadura SafAle S-04

En la Tabla N°22 se observa que el tipo de levadura presentó un efecto altamente significativo, donde la levadura (a_2), ubicada en el rango A, registró una media de 14,8367; la levadura (a_1), correspondiente al rango B, presentó una media de 11,4567 °Brix; y la levadura (a_3), situada en el rango C, alcanzó una media de 8,2133 °Brix en las concentraciones de sólidos solubles finales. Estos resultados coinciden con lo reportado por Caicedo et al. (2023), donde obtuvieron descensos de sólidos solubles de 12,7; 14,3 y 14,4 °Brix tras 40 días de fermentación en diferentes hidromieles, valores comparables a los observados en la presente investigación, lo que respalda la consistencia y validez de los resultados obtenidos.

La concentración de sólidos solubles finales se relaciona directamente con la densidad debido al metabolismo de las levaduras al consumir los azúcares (glucosa y fructosa) presentes en la miel de abeja. De acuerdo con Queiroz et al. (2024), las levaduras *S. cerevisiae* experimentan una disminución en su rendimiento cuando están expuestas a condiciones de estrés, como la elevada osmolaridad generada por la gran cantidad de azúcares en la miel de abeja. Esto provoca una desaceleración en la fermentación y reduce la utilización de azúcares que pueden fermentar. En contraste, las cepas de levadura del tipo *Bayanus* exhiben una mejor adaptabilidad y resistencia a altos niveles de sólidos solubles, lo que facilita un uso efectivo de los azúcares y un descenso más controlado de estos durante la fermentación. Por consiguiente, la concentración de sólidos solubles finales se vincula directamente con la producción de alcohol y la densidad durante la fermentación.

Tabla 23. Prueba Tukey del efecto de la concentración de sólidos solubles iniciales sobre los sólidos solubles finales

Error: 3,6859		Gl: 8	DMS: 3,16730	
S. S. I	Medias	N	E. E	
b3	12,6133	6	0,7838	A
b2	12,3800	6	0,7838	A
b1	9,5133	6	0,7838	A

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor b: S. S. I: Sólidos solubles iniciales **n:** Tamaño de la muestra **E. E:** Error Experimental **b3:** Sólidos solubles iniciales 24 (°Brix) **b2:** Sólidos solubles iniciales 21 (°Brix) **b1:** Sólidos solubles iniciales 18 (°Brix)

En la Tabla N°23 se observa que la concentración de sólidos solubles presentó significancia estadística, clasificándose en el rango A, donde las concentraciones iniciales (b_3 , b_2 y b_1)

registraron valores de sólidos solubles finales de 12,6133; 12,3800 y 9,5133 °Brix, respectivamente. De acuerdo con Tapiero & Salamanca (2016), los sólidos solubles iniciales del sustrato son determinantes en la regulación de la disponibilidad de compuestos fermentables, condicionando la eficiencia del proceso fermentativo y el grado de atenuación de las levaduras.

La relación entre sólidos iniciales y finales constituye un parámetro crítico para evaluar la eficiencia de la fermentación. Según Sica et al. (2025), menciona que tanto la concentración inicial de azúcares como la capacidad de la levadura para transformar el sustrato en etanol y otros metabolitos. La menor disminución relativa de sólidos en mostos con alta concentración de azúcares (b_3 , b_2) indica que la presión osmótica modula la velocidad de consumo de azúcares y la producción de metabolitos secundarios, mientras que en mostos más diluidos (b_1) se observa un descenso más pronunciado de sólidos debido a la menor resistencia osmótica y al metabolismo más eficiente de la levadura.

El tratamiento (a_3b_1) alcanzó un valor de 6,5300 °Brix, considerado dentro de un rango aceptable y adecuado para el producto final. De acuerdo con Fálcon et al. (2021), se registra un descenso del contenido de sólidos solubles hasta un nivel cercano a 6 °Brix durante el proceso fermentativo, lo que permite inferir que la concentración inicial de sólidos solubles y el tipo de levadura influyen de manera determinante en la reducción de los sólidos solubles finales.

2.10.2.5 Acidez obtenida del hidromiel

En la Tabla N° 24 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para los valores finales de acidez (ácido tartárico g/L) obtenidos del hidromiel.

Tabla 24. Análisis de varianza de la acidez final

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	
Repetición	0,2427	1	0,2427	1,5683	0,2458	ns
T. L	26,3835	2	13,1918	85,2541	<0,0001	**
S. S. I	0,2683	2	0,1342	0,8670	0,4562	ns
T. L * S. S. I	1,7126	4	0,4282	2,7670	0,1029	ns
Error	1,2379	8	0,1547			
Total	29,8450	17				
CV	8,3056					

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor a T.L: Tipo de levadura

Factor b S.S. I: Sólidos solubles iniciales

T.L*S. S. I: Interacción del Factor a * Factor b

ns: No significativo

****:** Altamente significativo

***:** Significativo

El modelo estadístico presentó significancia al registrar un p-valor menor a 0,05 en uno de los factores evaluados, lo que indica que dicho factor explica parte de la variabilidad observada en la acidez del hidromiel; en consecuencia, se descarta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, aun cuando la interacción entre factores no mostró significancia estadística.

El factor (a), relacionado con la clase de levadura, presentó un impacto muy significativo con un p-valor inferior a 0,01, lo que sugiere que la variedad empleada afecta directamente la producción de acidez en el proceso de fermentación. De acuerdo con Orozco (2010), la acidez en las bebidas alcohólicas es el resultado del metabolismo secundario de las levaduras, donde la glucosa y la fructosa presentes en el mosto se convierten mediante la glucólisis, generando ácidos orgánicos como subproductos de dichos procesos bioquímicos

El coeficiente de variación (C.V. = 8,3056) indica una adecuada homogeneidad de los datos y una confiabilidad aceptable de los resultados obtenidos, lo que refleja un buen nivel de precisión experimental en el desarrollo del estudio.

➤ **Pruebas de Tukey a la acidez**

Tabla 25. Prueba Tukey para determinar el efecto del tipo de levadura sobre la acidez

Error: 0,1547		Gl: 8	DMS: 0,64895	
T. L	Medias	N	E. E	
a₂	6,4033	6	0,1606	A
a₁	4,2400	6	0,1606	B
a₃	3,5650	6	0,1606	C

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Factor A: T. L: Tipo de levadura **n:** Tamaño de la muestra **E. E:** Error Experimental **a₃:** Levadura Fermivin 4F9
a₁: Levadura Lalvin Ec-1118 **a₂:** Levadura SafAle S-04

En la Tabla N°25 se observan las medias obtenidas en la prueba de comparación, donde el tratamiento (a₂) presentó un valor de 6,4033 g/L, ubicándose en el rango A; el tratamiento (a₁) registró 4,2400 g/L, correspondiente al rango B; mientras que el tratamiento (a₃) alcanzó 3,5650 g/L, situándose en el rango C, evidenciándose diferencias significativas atribuibles al tipo de levadura empleado. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Tierra (2024), reportando

una acidez total de 3,799 g/L en hidromieles fermentadas con levaduras *Saccharomyces*, así como valores de 5,45 g/L al utilizar levaduras del tipo SafAle y 4,844 g/L con levaduras salvajes, lo que demuestra que el uso de distintas cepas influye directamente en la producción de ácidos orgánicos de la bebida.

Debido a la inexistencia de una normativa específica para hidromiel, el valor de acidez se comparó de manera referencial con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 374, que establece los requisitos para vinos de frutas fija un contenido mínimo de acidez de 3,5 g/L expresado como ácido tartárico; en este contexto, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por dicha normativa.

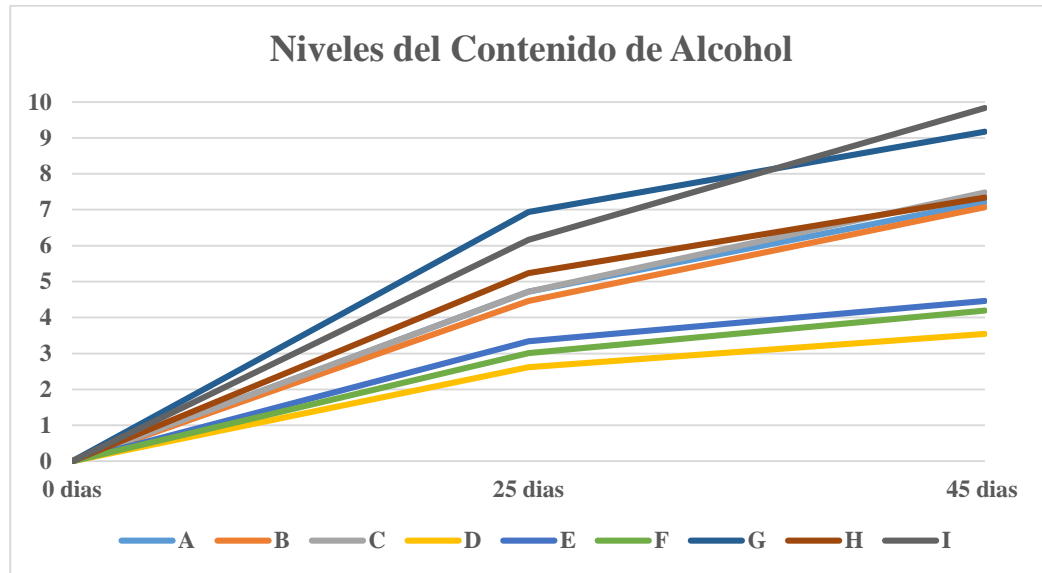
Estos parámetros se encuentran estrechamente vinculados con el pH previamente evaluado. En este sentido, Li et al. (2026) señalan que las levaduras del género *S. cerevisiae*, al presentar un metabolismo fermentativo rápido, generan una mayor producción de ácidos secundarios como el ácido tartárico característico de la miel de abeja, lo que provoca niveles de pH más bajos, como se observó en los resultados anteriores. Según, Pereira et al. (2019) las levaduras del tipo *S. cerevisiae ex bayanus* combinan la tolerancia osmótica con una regulación eficiente de protones intracelulares, lo que permite un control más equilibrado de la producción de ácidos orgánicos. De manera similar, *S. cerevisiae var. bayanus* presenta un metabolismo estable que promueve la producción continua pero limitada de ácidos secundarios, generando así una acidez menor en comparación con las demás cepas analizadas.

El tratamiento (a3b3) alcanzó una acidez de 3,2650 g/L, correspondiente a un nivel bajo, resultado que concuerda con lo reportado por Caicedo et al. (2023), quienes mencionan una acidez de 3,6 g/L, expresada como ácido tartárico en un hidromiel natural, valor ligeramente superior al obtenido en la presente muestra, se considera adecuado al contribuir a la estabilidad microbiológica del producto.

2.10.3 Comportamiento fermentativo del hidromiel durante el período de fermentación (45 días).

2.10.3.1 Contenido de alcohol (%v/v)

Figura 19. Niveles de contenido alcohólico durante los 45 días de fermentación para la obtención del hidromiel



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe los niveles de contenido alcohólico de acuerdo a los tratamientos **A:** (a_1b_1)

B: (a_1b_2), **C:** (a_1b_3) **D:** (a_2b_1) **E:** (a_2b_2) **F:** (a_2b_3) **G:** (a_3b_1) **H:** (a_3b_2) **I:** (a_3b_3)

En la figura N°19, se evidencia un incremento progresivo del porcentaje de alcohol en todos los tratamientos (A–I) a lo largo de los 45 días de fermentación, lo que refleja la conversión metabólica de los azúcares fermentables en etanol por acción de las levaduras. En los primeros 25 días se desarrolla la primera etapa de fermentación, en la cual hay un aumento acelerado del contenido alcohólico desde 0 % v/v hasta 2,8 v/v y 7,0 % v/v. Esto se debe a la gran disponibilidad de sustratos fermentables y las condiciones favorables para la actividad y metabolismo microbiano.

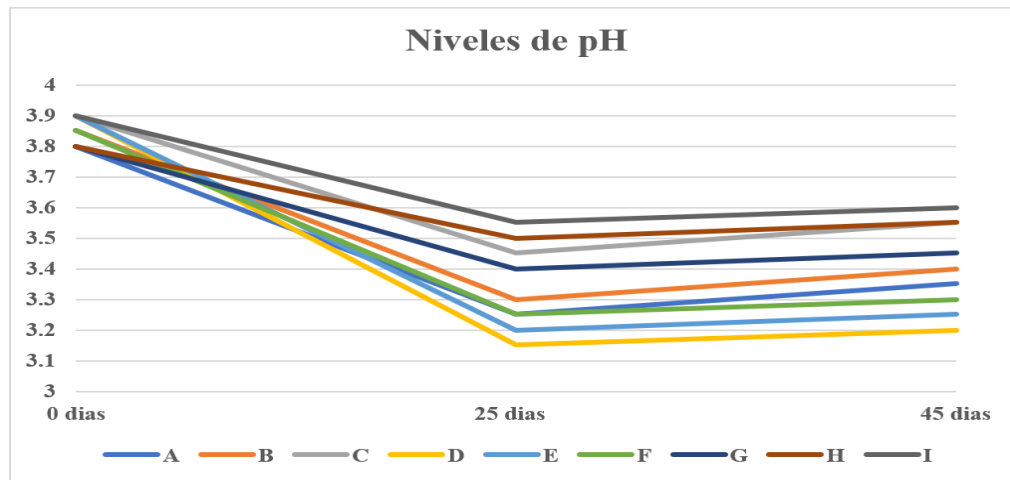
Entre los 25 y 45 días, el alcohol sigue aumentando, pero lentamente, hasta 3,5–9,8 % v/v al final. Esta desaceleración sugiere que, si bien la fermentación continúa, la velocidad metabólica de las levaduras disminuye como consecuencia de la reducción de azúcares disponibles y del aumento de la concentración de etanol en el medio, lo cual genera condiciones progresivamente menos favorables para la actividad microbiana.

Entre los tratamientos evaluados, el tratamiento I presentó el mayor porcentaje de alcohol a lo largo del proceso fermentativo. Este comportamiento se relaciona directamente con la mayor

disminución de °Brix observada en dicho tratamiento, evidenciando que la mayor parte de los azúcares iniciales fue transformada en etanol, lo que favoreció una fermentación más completa y eficiente.

2.10.3.2 pH

Figura 20. Niveles de pH durante los 45 días de fermentación para obtención del hidromiel



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe los niveles de pH de acuerdo a los tratamientos **A:** (a₁b₁) **B:** (a₁b₂), **C:** (a₁b₃) **D:** (a₂b₁) **E:** (a₂b₂) **F:** (a₂b₃) **G:** (a₃b₁) **H:** (a₃b₂) **I:** (a₃b₃)

En la Figura N°20 se presenta la evolución del pH de los tratamientos de hidromiel durante un periodo inicial de 0 a 25 días, seguido de una fermentación total de 45 días. Durante los primeros 25 días, los tratamientos A e I mantuvieron una fase de acidificación relativamente estable, atribuida a la actividad metabólica sostenida de las levaduras, las cuales metabolizan los azúcares fermentables y generan ácidos orgánicos que contribuyen a la disminución y regulación del pH del medio. Por otro lado, en los tratamientos A, B, D, E y F se evidenció una disminución significativa del pH respecto a los valores iniciales, alcanzando valores entre 3,1 y 3,4, lo que indica una mayor intensidad metabólica asociada a la síntesis de metabolitos acidificantes durante la fermentación.

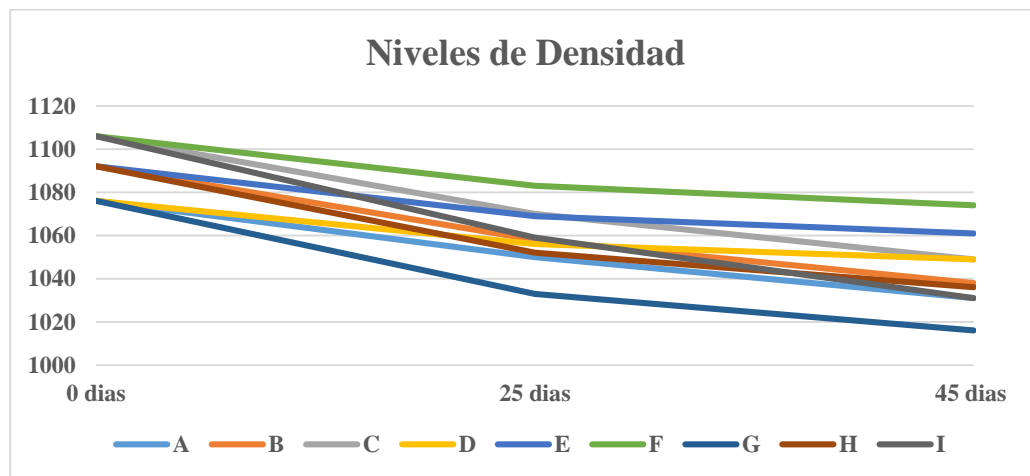
Este comportamiento estuvo condicionado por elementos tales como la cantidad inicial del sustrato, la clase de levadura empleada y la accesibilidad de nutrientes. Específicamente, los tratamientos D, E y F, que fueron inoculados con la levadura SafAle S-04, evidenciaron una mayor capacidad para acidificar, indicando una generación más activa de ácidos orgánicos en la etapa inicial. Desde el día 25, se notó un aumento progresivo del pH en todos los tratamientos, relacionado con la reducción de la actividad microbiana y el comienzo de los procesos de estabilización fisicoquímica del sistema de fermentación. Al término de los 45 días, los valores de

pH oscilaron entre 3,25 y 3,6, destacándose los tratamientos G, H e I, especialmente el tratamiento I, que mantuvo un pH de 3,6, valor característico de hidromieles fermentadas estables y que refleja un adecuado equilibrio químico del producto final.

La disminución del pH en el hidromiel durante la fermentación se debe principalmente en la formación de ácidos orgánicos generados por el metabolismo principal y secundario de las levaduras evaluadas. Según Habschied et al. (2025), menciona que la producción de los ácidos orgánicos como el ácido tartárico el cual por su carácter libera iones H^+ al medio mediante su disociación, lo que incrementa la acidez y provoca el descenso del pH, este proceso ocurre de manera simultánea al consumo de azúcares y está asociada al equilibrio químicos del sistema fermentativo.

2.10.3.3 Densidad

Figura 21. Niveles de densidad durante los 45 días de fermentación para obtención del hidromiel



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe los niveles de densidad de acuerdo a los tratamientos **A:** (a_1b_1) **B:** (a_1b_2), **C:** (a_1b_3)

D: (a_2b_1) **E:** (a_2b_2) **F:** (a_2b_3) **G:** (a_3b_1) **H:** (a_3b_2) **I:** (a_3b_3)

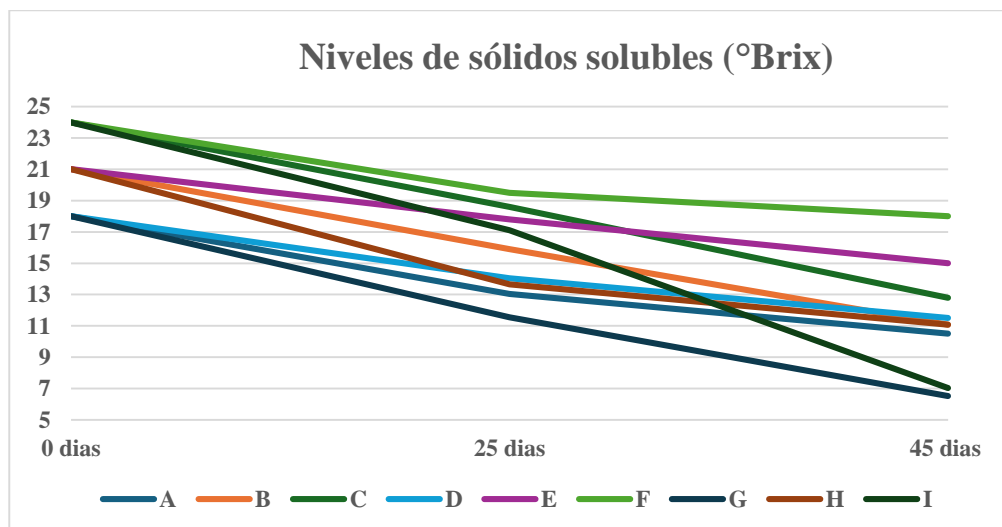
Como se observa en la Figura N°21, durante los primeros 25 días de fermentación los tratamientos de hidromiel presentaron una disminución progresiva de la densidad, con valores comprendidos entre 1,040 y 1,060 g/ml dependiendo del tipo de tratamiento evaluado. Esta reducción se atribuye al metabolismo fermentativo de las levaduras, que transforman los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono; en consecuencia, el sustrato pierde fracción de sólidos solubles, los cuales son sustituidos por compuestos de menor densidad, principalmente alcoholes, provocando la disminución del valor densimétrico del medio.

Finalizados los 45 días de fermentación, el cambio en la densidad se hizo menor, indicando una menor tasa de fermentación y una estabilización del sistema. En este tiempo, los valores de densidad se mantuvieron entre 1,020 y 1,045 g/ml, lo que reveló la casi total utilización de los azúcares y el punto tan próximo al equilibrio fermentativo. Entre los tratamientos evaluados, G, H e I presentaron las densidades más bajas, indicando una mayor eficiencia en la transformación de azúcares. En particular, el tratamiento I mostró una densidad final adecuada, atribuida a un proceso fermentativo equilibrado y al control óptimo de los parámetros tecnológicos, lo que permitió obtener características fisicoquímicas favorables en el producto final.

La fermentación alcohólica constituye un mecanismo catabólico de tipo anaerobio en el cual las levaduras obtienen energía en ausencia del oxígeno. De acuerdo con Kružík et al. (2022), el piruvato formado en la glucólisis es descarboxilado por la enzima piruvato descarboxilasa, dando la formación de acetaldehído y la liberación de CO₂, posteriormente reducido a etanol, por la enzima alcohol deshidrogenasa. Lo anterior concuerda con lo señalado por Duncan et al. (2024), ya que esta reacción genera NAD⁺, manteniendo el equilibrio redox celular y permite que el glucolisis continúe activa, asegurando que las levaduras produzcan ATP y la conversión sostenida de azúcares en etanol durante los días de fermentación. Estas reacciones se relacionan de manera directa con los parámetros siguientes como el consumo de sólidos solubles y la producción de alcohol por lo cual estos procesos ocurren simultáneamente consecuencia de cada una de las reacciones durante la fermentación.

2.10.3.4 Sólidos solubles (°Brix)

Figura 22. Niveles de sólidos solubles durante los 45 días de fermentación para obtención del hidromiel



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe los niveles de sólidos solubles expresados en °Brix de acuerdo a los tratamientos **A:** (a₁b₁) **B:** (a₁b₂), **C:** (a₁b₃) **D:** (a₂b₁) **E:** (a₂b₂) **F:** (a₂b₃) **G:** (a₃b₁) **H:** (a₃b₂) **I:** (a₃b₃).

Según lo representado en la Figura N°22, los valores iniciales de sólidos solubles (°Brix) registrados en los tratamientos de hidromiel fueron de 18, 21 y 24 °Brix. Durante los primeros 25 días de fermentación se evidenció una disminución drástica de estos valores, alcanzándose concentraciones comprendidas entre 12 y 19,5 °Brix. Este comportamiento se atribuye al consumo de los azúcares fermentables presentes en el sustrato, los cuales son utilizados por las levaduras como fuente de carbono y energía, transformándose principalmente en etanol, dióxido de carbono y otros metabolitos secundarios. En consecuencia, la actividad metabólica microbiana provoca una reducción directa de la concentración de sólidos solubles del medio.

Cuando el proceso de fermentación terminó por completo a los 45 días, el ritmo de consumo de azúcares se estabilizó, sin ver más bajadas importantes en los sólidos solubles. En ese momento, las medidas finales de sólidos solubles en las pruebas A, B, C, D, F, G y H se situaron entre 10,5 °Brix y 12,8 °Brix, contando un agotamiento parcial de los azúcares y un cambio hacia un tiempo de reposo del proceso de fermentación.

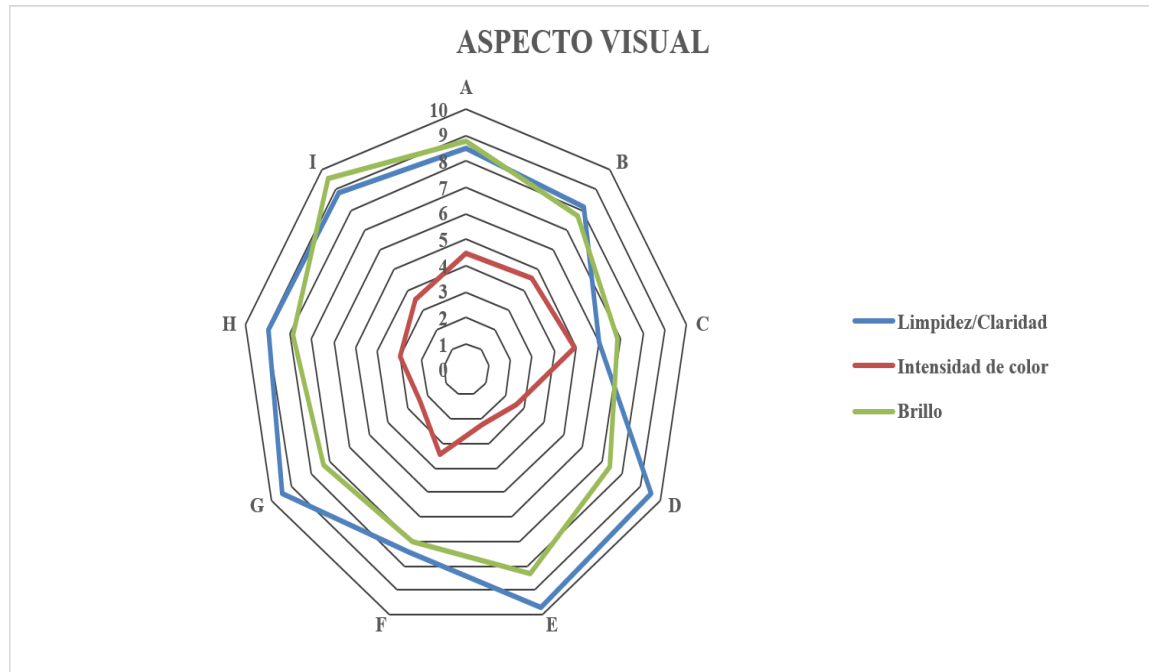
Es bueno destacar la prueba I, la cual enseñó una caída veloz y notoria en la cantidad de sólidos solubles que se podían consumir. Este tratamiento, que partió de una concentración inicial de 24 °Brix, alcanzó un valor final de 7,04 °Brix, evidenciando una fermentación altamente eficiente y una mayor actividad metabólica de la levadura. Este desempeño puede atribuirse a condiciones óptimas de temperatura, pH, concentración inicial del sustrato y al tipo de levadura empleada, factores que favorecieron un mayor aprovechamiento de los azúcares fermentables.

2.10.4 Parámetros sensoriales evaluados en el hidromiel

La evaluación sensorial se realizó mediante la aplicación de una ficha QDA (*Análisis Descriptivo Cuantitativo*) a 15 catadores semientrenados, quienes valoraron los atributos visuales, aromáticos y gustativos, así como la aceptación general. En los resultados se presentan las medias obtenidas de los diferentes tratamientos de hidromiel.

2.10.4.1 Aspecto visual

Figura 23. Resultados del análisis sensorial en el aspecto visual



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe las calificaciones del aspecto visual en relación con los tratamientos expuestos en el gráfico **A:** (a₁b₁) **B:** (a₁b₂), **C:** (a₁b₃) **D:** (a₂b₁) **E:** (a₂b₂) **F:** (a₂b₃) **G:** (a₃b₁) **H:** (a₃b₂) **I:** (a₃b₃).

En la Figura N°23 se presentan los resultados del análisis sensorial del aspecto visual de los diferentes tratamientos. Los atributos evaluados fueron limpidez o claridad, intensidad de color y brillo, los cuales constituyen parámetros fundamentales en la valoración visual y en la aceptación inicial del hidromiel.

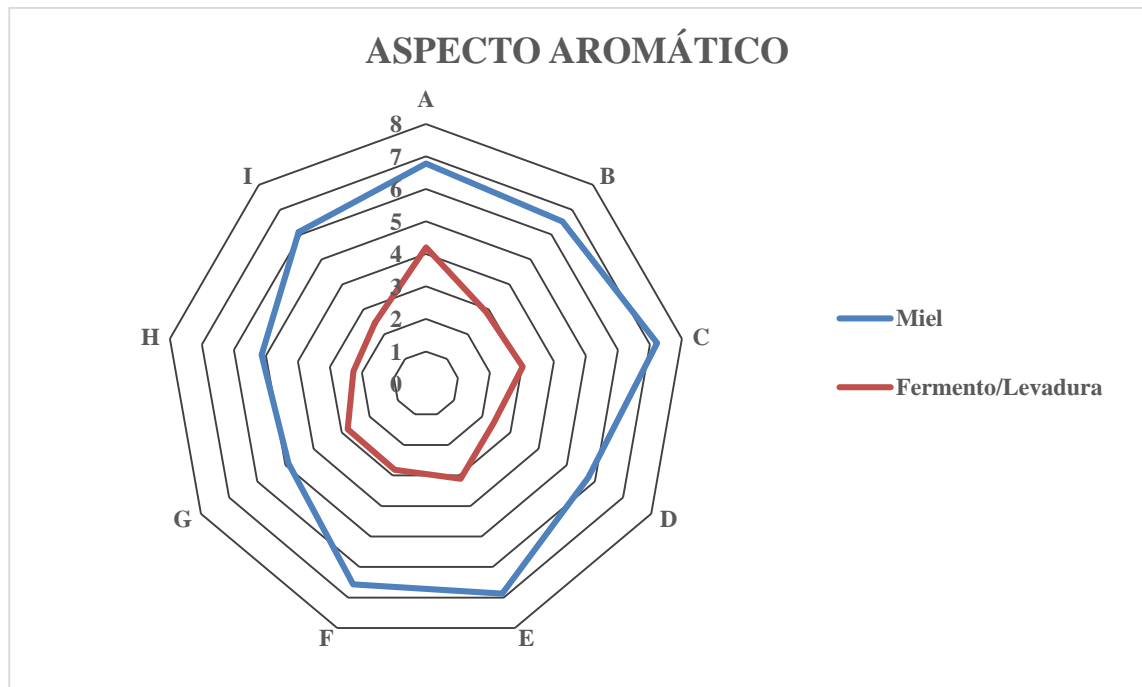
El tratamiento I presentó un perfil visual equilibrado y altamente aceptable, alcanzando puntuaciones elevadas en limpidez/claridad (9,0) y brillo (9,8), junto con una baja intensidad de color (3,8). Esta mezcla sugiere un producto visualmente agradable, con mucha limpieza y un brillo notorio, rasgos típicos de una hidromiel clara y bastante transparente. El tono pálido notado tiene que ver totalmente con su gran limpidez.

Con un aire parecido, los procesos D, E y H enseñaron una aceptabilidad visual moderada, con valores intermedios en sus atributos. No obstante, exhibieron menos uniformidad y balance entre lo claridad, brillo e intensidad de color, lo cual limita su percepción como hidromieles visualmente finos. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones en el proceso fermentativo, la eficiencia de clarificación.

Como describe Inwongwan et al. (2025), después de la fermentación, el hidromiel tiende a presentar una coloración más clara en comparación con el mosto inicial, fenómeno atribuido a la degradación o transformación de pigmentos naturales presentes en la miel durante el proceso fermentativo. Este comportamiento indica que tanto el tipo como la cantidad de miel empleada en cada tratamiento influyen directamente en la intensidad y evolución del color final, ya que una mayor concentración de compuestos pigmentarios iniciales condiciona la tonalidad del producto y su variación tras la fermentación.

2.10.4.2 Aspecto Aromático

Figura 24. Resultados del análisis sensorial en aspecto aromático



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe las calificaciones del aspecto aromático en relación con los tratamientos expuestos en el gráfico **A:** (a₁b₁) **B:** (a₁b₂), **C:** (a₁b₃) **D:** (a₂b₁) **E:** (a₂b₂) **F:** (a₂b₃) **G:** (a₃b₁) **H:** (a₃b₂) **I:** (a₃b₃)

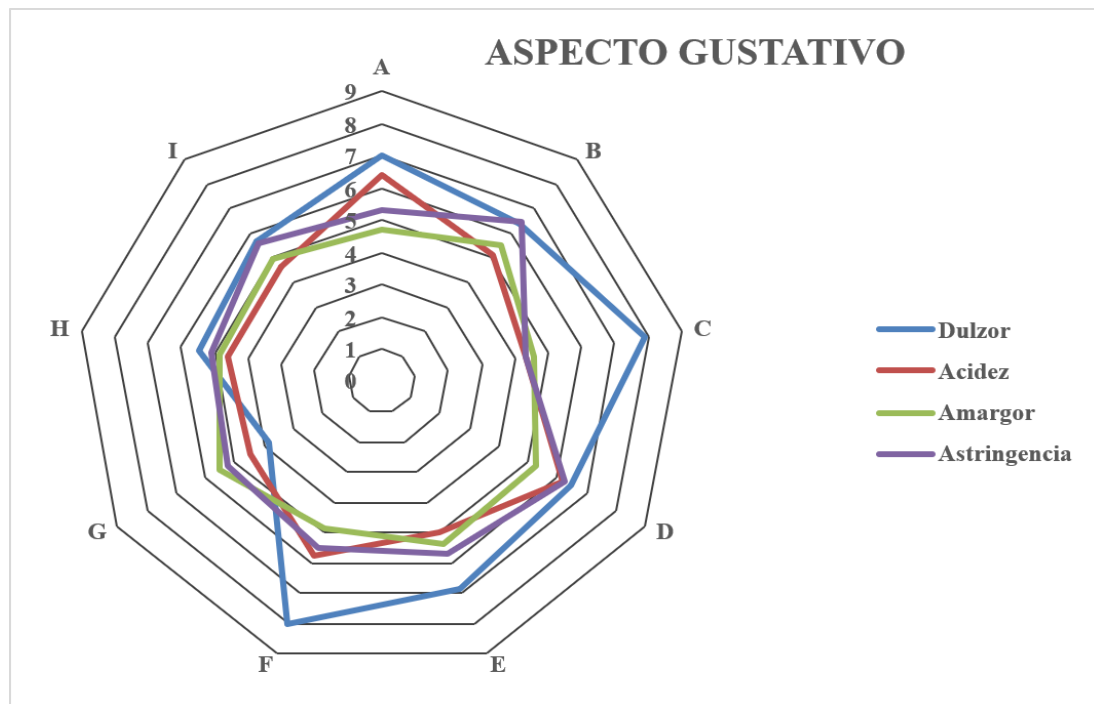
La Figura N°24 expone los resultados de la caracterización aromática del hidromiel, evaluada por un panel de catadores mediante el análisis sensorial descriptivo, considerando los atributos de olor a miel y olor a fermento/levadura. Los resultados mostraron que el tratamiento I tenía un gusto de aroma justo, marcado por un toque de dulce de abeja moderada (nota cercana al 6), siendo agradable, además de una pizca pequeña de aroma fermento/levadura, lo que ayuda a gustar más al probarlo.

Por el contrario, los tratamientos A, C, E y F enseñaron un toque más fuerte de olor a miel, creando un mapa de olores más notorio. Esta predominancia aromática podría generar cierto desequilibrio sensorial al limitar la percepción de otros atributos olfativos presentes en la bebida. Además, estos tratamientos también presentaron mayor intensidad de olor a fermento/levadura que los demás, lo cual podría estar asociado a una elevada concentración de compuestos volátiles formados durante la fermentación.

De acuerdo con Mărgăoan et al. (2020), el perfil aromático del hidromiel está influenciado tanto por los compuestos propios de la miel como por los metabolitos generados durante la fermentación alcohólica. Durante este proceso, las levaduras transforman los azúcares en etanol y dióxido de carbono, pero también producen compuestos secundarios como alcoholes superiores, ésteres, aldehídos y ácidos orgánicos. Estos compuestos volátiles participan directamente en la percepción sensorial del aroma y, cuando se encuentran en concentraciones elevadas pueden generar notas características asociadas a fermentación o a olor a levadura.

2.10.4.3 Aspecto gustativo

Figura 25. Resultados del análisis sensorial del aspecto gustativo



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe las calificaciones del aspecto gustativo en relación con los tratamientos expuestos en el gráfico **A:** (a₁b₁) **B:** (a₁b₂), **C:** (a₁b₃) **D:** (a₂b₁) **E:** (a₂b₂) **F:** (a₂b₃) **G:** (a₃b₁) **H:** (a₃b₂) **I:** (a₃b₃)

En la Figura N°25, se presentan los resultados correspondientes a la caracterización del aspecto gustativo del hidromiel, evaluándose los atributos de dulzor, acidez, amargor y astringencia, los cuales constituyen variables determinantes en el equilibrio organoléptico del producto final.

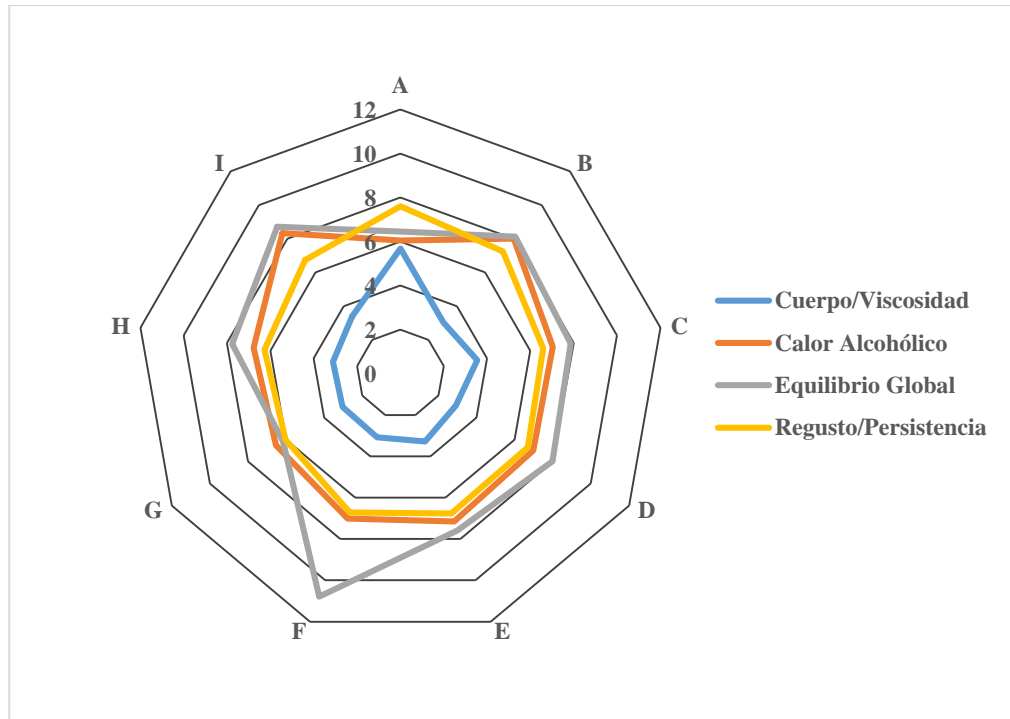
En la investigación que realizó Pereira et al. (2019), los distintos sabores dulces, ácidos y secos de las bebidas de miel se deben a cambios en cómo la levadura procesa las cosas al fermentar. Lo ácido se vincula a las modificaciones en cómo se forman los ácidos naturales que salen de la fermentación, y lo seco tiene que ver con lo que hay y cómo se juntan unas sustancias llamadas compuestos fenólicos. Además, lo dulce depende de cuántos azúcares quedan sin metabolizar y de cómo se balancea con metabolitos formados mientras todo el proceso sigue su curso.

De acuerdo a los resultados presentados el atributo de dulzor se observó que los tratamientos F, C, E y D presentaron los valores más elevados, lo cual se asocia a una mayor cantidad de azúcar residual del hidromiel. Por el contrario, los tratamientos A, H, I y G mostraron niveles moderados y aceptables de dulzor, reflejando una fermentación más estable y eficiente, con un mayor consumo de azúcares fermentables por parte de las levaduras.

Respecto al atributo de la acidez, los tratamientos A, D y F evidenciaron valores elevados atribuibles a una mayor producción de ácidos orgánicos durante el proceso fermentativo. Por otro lado, los tratamientos I, C y D, mostraron un perfil de acidez más bajo y estable. Este comportamiento sugiere que, en dichos tratamientos, las levaduras no estuvieron sometidas a condiciones de estrés, evitando la formación excesiva de compuestos indeseables.

Respecto al amargor, las cifras mostraron niveles moderados y parecidos en cada tratamiento, situándose entre el número 4 y el 6, sin causar sensaciones molestas ni estropear la gracia total del hidromiel. Esto señala un buen juego de las sustancias amargas que están presentes, conservando el balance adecuado. La cualidad de astringencia se forma sobre todo por la existencia y el roce de los polifenoles con las proteínas de la saliva, dando como resultado una sensación de falta de humedad. Los tratamientos D, B y F presentaron valores elevados, asociados a una sensación de sequedad bucal persistente, considerada negativa desde el punto de vista gustativo. Por el contrario, las muestras I, H y G presentaron niveles intermedios, considerados muy aceptables por su sensación no agresiva ni irritante.

Figura 26. Resultados del análisis sensorial del aspecto gustativo



Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Nota: Se describe las calificaciones del aspecto gustativo en relación con los tratamientos expuestos en el gráfico **A:** (a₁b₁) **B:** (a₁b₂), **C:** (a₁b₃) **D:** (a₂b₁) **E:** (a₂b₂) **F:** (a₂b₃) **G:** (a₃b₁) **H:** (a₃b₂) **I:** (a₃b₃)

Como se observa en la Figura N°26, se realizó la segunda evaluación del aspecto gustativo del hidromiel, en la que se analizaron los atributos de cuerpo/viscosidad, calor alcohólico, equilibrio global y regusto/persistencia, los cuales constituyen factores determinantes para la percepción sensorial y la aceptación del producto.

Sobre la cualidad de cuerpo/viscosidad, las mediciones mostraron números pequeños en cada forma de hacer las cosas, lo cual se alinea con el tipo de hidromiel, conocido por ser una bebida con poco peso y una forma poco densa. Sin embargo, las formas A, I, E y C enseñaron cifras un poco más altas si se comparan con el resto, insinuando una sensación un poco más notoria de espacio o firmeza en la boca, quizás ligada a cambios en lo sólidos solubles disueltos que no se fermentaran.

Según, Pereira et al. (2019), el calor alcohólico se describe como la sensación de calor o un pequeño cosquilleo sentido en la boca y el cuello después de tomar una hidromiel. De acuerdo con los resultados, quienes probaron dijeron que todas las muestras tenían niveles medios de esta cualidad, vistos como apropiados al probar. El tratamiento I, evidenció una mayor percepción de

calor alcohólico, lo cual se podría deber a que tenía más grados de alcohol. Asimismo, los tratamientos G, H, B y C exhibieron cifras parejas para esta cualidad, mostrando que el alcohol se mezcló bien en el sabor sin sentirse muy fuerte o el único que se nota.

En cuanto al equilibrio global, el tratamiento F recibió la nota más alta, señalando que los distintos rasgos probados tienen armonía. De manera similar, los tratamientos I, B, H, C y D mostraron niveles muy aceptables de equilibrio, mostrando una unión buena entre las partes que se perciben y degustan, resultando en algo con un sabor completo en el perfil de la bebida.

El regusto o persistencia mostró valores comprendidos en un rango de 6 a 8 para todos los tratamientos, considerados muy aceptables por los evaluadores. Este comportamiento es característico de un hidromiel joven, en el cual la persistencia en boca resulta moderada y agradable, sin generar sensaciones residuales negativas.

Estos resultados obtenidos a partir de los análisis fisicoquímicos y sensoriales permitieron identificar el tratamiento más adecuado para la elaboración de hidromiel. Considerando de manera integral en los parámetros fisicoquímicos evaluados, el tratamiento I fermentado con la levadura Fermivin 4F9 presentó un desempeño favorable, registrando un pH de 3,60, acidez titulable de 3,61 g/L expresada como ácido tartárico, densidad final de 1,031 g/ml, sólidos solubles finales de 7,04 °Brix. Asimismo, destacó en la producción de alcohol, alcanzando un contenido de 9,83 % v/v lo que evidencia una adecuada conversión de los azúcares fermentables. De forma adicional, el regusto a la boca notó que el tratamiento era muy bien recibido por quienes lo probaron, consiguiendo notas buenas en los diferentes parámetros examinados. También, que la levadura Fermivin 4F9 se adecuara a las condiciones del mosto en fermentación ayudó satisfactoriamente a tener estos logros, mostrando una fermentación que trabajaba bien y estable. A causa de esto, el tratamiento I fue escogido como el mejor, pues llenó cabalmente los criterios analizados en este estudio.

2.10.5 Análisis nutricional y microbiológicos aplicado al mejor tratamiento obtenido en la producción de hidromiel.

2.10.5.1 Análisis Nutricional

En la Tabla N°26 se presentan los resultados del análisis nutricional del hidromiel obtenido.

Tabla 26. Resultados del análisis nutricional del mejor tratamiento

Composición Nutricional		
Análisis	Unidades de medida	Resultado
Valor energético	kcal / 100 g	42,24
Carbohidratos totales	g / 100 g	10,56
Grados Brix	°Brix	7,04
Proteínas	g / 100 g	0
Grasas totales	g / 100 g	0
Contenido de Alcohol	% v/v	9,83

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

El mejor tratamiento de hidromiel muestra un valor energético de 42,24 kcal/100 g, el cual se atribuye principalmente a la presencia de azúcares residuales provenientes de la miel de abeja, así como al aporte energético del etanol generado durante el proceso fermentativo. Según Orozco (2010), menciona que el alcohol produce 7 kcal/100 g sin aportar otros nutrientes como vitaminas o minerales. Asimismo, se registró un contenido de carbohidratos totales de 10,56 g/100 g, lo que evidencia la presencia de una fracción de azúcares residuales y otros sólidos solubles no fermentados en la bebida.

El contenido de alcohol, con un valor de 9,83 % v/v, refleja una adecuada conversión de los azúcares fermentables en etanol, atribuible al desempeño metabólico de la levadura empleada bajo las condiciones del proceso. Por otra parte, el contenido de proteínas fue no detectable, lo cual es coherente con la composición natural de la miel, dado que estos se encuentran en concentraciones muy bajas y son mayoritariamente asimilables por las levaduras como fuente de nitrógeno para su crecimiento y actividad metabólica durante la fermentación.

De igual manera, el contenido de grasas totales se mantuvo en 0 g/100 g, debido a que tanto la miel como el mosto fermentable carecen de lípidos en cantidades detectables, característica propia y esperada en bebidas fermentadas a base de miel. En conjunto, los resultados obtenidos reflejan un producto estable, con una composición nutricional acorde a las características propias del hidromiel.

2.10.5.2 Análisis Microbiológico

En la tabla N°27 se presentan los análisis microbiológicos que avalan que el producto fue elaborado en óptimas condiciones de inocuidad.

Tabla 27. Resultados de los análisis microbiológicos del mejor tratamiento.

Análisis Microbiológico		
Análisis	Unidades de medida	Resultado
Mohos y Levaduras	UFC/ g	< 10
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia/Presencia en 25 g	Ausencia

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

Los análisis microbiológicos permiten evaluar la inocuidad, estabilidad y calidad higiénica del producto fermentado. En este estudio, el recuento de mohos y levaduras fue inferior a 10 UFC/g, lo que indica una carga microbiana muy baja. Este comportamiento puede atribuirse al pH ácido característico del hidromiel, al contenido de alcohol obtenido y a la limitada disponibilidad de nutrientes que favorezcan el crecimiento microbiano, condiciones que inhiben el desarrollo de microorganismos alterantes. Resultados similares fueron reportados por Carlos (2024), quien evaluó diferentes tipos de levaduras en bebidas fermentadas, obteniendo recuentos de $1,91 \times 10^1$ UFC/g al emplear *Saccharomyces cerevisiae*, $1,02 \times 10^1$ UFC/cm³ con levaduras tipo SafAle y $5,05 \times 10^1$ UFC/g al utilizar levaduras salvajes. En comparación con los valores de referencia, el recuento obtenido en el presente estudio fue inferior, lo que evidencia un adecuado control microbiológico del producto, manteniéndose dentro de los límites establecidos para bebidas fermentadas.

También, el análisis de *Salmonella spp.* mostró ausencia del microorganismo en las muestras analizadas, siguiendo con los criterios de inocuidad alimentaria. Este hallazgo indica que tanto la materia prima empleada y el proceso de elaboración no estuvieron expuestos a una contaminación por microorganismos patógenos. Siguiendo con lo establecido por la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1529-15, aplicable a bebidas alcohólicas fermentadas, en la cual establece un límite máximo de 10 UFC/g para el recuento de microorganismos anaerobios. En este sentido, los resultados obtenidos en el presente tratamiento cumplen satisfactoriamente con lo establecido en dicha normativa, confirmando la calidad microbiológica y seguridad del producto final.

2.10.5.3 Capacidad antioxidante

En la tabla N°28 se muestran los resultados del análisis de la capacidad antioxidante del hidromiel

Tabla 28. Resultados de la capacidad antioxidante del mejor tratamiento

Capacidad Antioxidante		
Método	Unidades de medida	Resultado
Espectrofotometría/DPPH	µg ácido gálico/ml	3,43

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

En el presente estudio, la capacidad antioxidante determinada fue de 3,43 µg de ácido gálico/ml, valor considerado bajo a moderado. Este resultado puede estar influenciado principalmente por el tipo de miel utilizada, ya que el contenido de compuestos fenólicos varía significativamente según el origen botánico, geográfico y las condiciones de procesamiento de la miel, lo que repercute directamente en la actividad antioxidante del hidromiel.

Resultados superiores fueron reportados por Gámez et al. (2024), quien indicó que el hidromiel natural presentó una capacidad antioxidante del 87,22 % de inhibición del radical DPPH, evidenciando una mayor concentración de compuestos antioxidantes. De igual manera Bardales et al. (2016), reportaron valores de capacidad antioxidante de 690,8; 559 y 159,77 µg ácido gálico/ml en hidromieles enriquecidas con jugos de frutas, lo que demuestra que la adición de matrices ricas en compuestos fenólicos incrementa significativamente la actividad antioxidante. En comparación con las investigaciones citadas, los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran considerablemente por debajo, lo cual sugiere que la ausencia de ingredientes adicionales y el tipo de miel empleado influyeron de manera directa en la baja concentración de compuestos antioxidantes, sin comprometer la estabilidad ni la calidad del producto final.

3 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

3.1 Técnico

El proyecto aporta técnicamente al conocimiento sobre el comportamiento fermentativo de distintas cepas de levadura y concentraciones de agua-miel de abeja, permitiendo determinar la velocidad de fermentación, producción de etanol y desarrollo de características organolépticas. Esta información técnica resulta útil para estudiantes y productores para la selección de cepas más eficientes y el ajuste de parámetros del proceso con base científica, mejorando la calidad del producto final.

3.2 Social

El estudio promueve un fortalecimiento en el conocimiento tradicional mediante la incorporación de técnicas a la producción artesanal de bebidas como el hidromiel, además de fomentar el desarrollo de microemprendimientos locales generando empleo e ingresos para comunidades y sectores dedicados a la apicultura contribuyendo a la valoración cultural de bebidas fermentadas.

3.3 Ambiental

El proyecto es positivo en aspectos ambientales promoviendo procesos de fermentación con bajo requerimiento energético y sin generación significativa de residuos tóxicos, con el uso de materias primas naturales como la miel y agua impulsando una producción sostenible. Por otro lado, la valorización de subproductos de la apicultura favoreciendo e incentivando a esta actividad agrícola generando mayor población de abejas.

3.4 Económico

La investigación ofrece una mejora en la rentabilidad en la producción de hidromiel mediante la selección adecuada de levaduras y las condiciones adecuadas de fermentación, reduciendo pérdidas y aumentando la productividad generando productos con mayor valor comercial por la calidad obtenida y sus características, además de abrir paso a generar nuevos productos para nichos de mercado de bebidas fermentadas fortaleciendo la competitividad en pequeños productores.

4 RECURSOS Y PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL HIDROMIEL

A continuación, se presenta el presupuesto correspondiente a los insumos, materia prima, equipos, análisis y demás recursos requeridos para el desarrollo de la investigación.

Tabla 29. *Presupuesto*

ANÁLISIS PROXIMAL DE LA MIEL DE ABEJA				
Cantidad	Recursos/Materiales	Método	Valor unitario	Valor total
1	pH	Electrometría	\$7.84	\$7.84
1	Humedad	Gravimetría	\$11.20	\$11.20
1	Azúcares totales	HPLC	\$33.60	\$33.60
1	Proteína/Nitrógeno	Khedahl	\$15.68	\$15.68
1	Acidez libre	Volumetría	\$13.44	\$13.44

1	Ceniza	Gravimetría	\$8.96	\$8.96
				\$90.72
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL HIDROMIEL				
Cantidad	Recursos/Materiales	Método	Valor unitario	Valor total
1	Mohos/Levadura	Recuento en placa	\$11.20	\$11.20
1	<i>Salmonella spp.</i>	Detección en placa	\$15.68	\$15.68
				\$26.88
ANÁLISIS NUTRICIONALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE				
Cantidad	Recursos/Materiales	Método	Valor unitario	Valor total
1	Valor energético	Cálculo	\$0.00	\$0.00
1	Carbohidratos totales	Cálculo	\$0.00	\$0.00
1	Proteínas	Khedahl	\$15.68	\$15.68
1	Grasas totales	Extracción Soxhlet	\$16.80	\$16.80
1	Capacidad antioxidante	Espectrofotometría	\$45.00	\$45.00
				\$77.48
EQUIPOS				
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total
1	Alcoholímetro	U	\$6.23	\$6.23
1	Balanza semi-analítica	U	\$164.06	\$164.06
1	Termómetro	U	\$7.00	\$7.00
1	Refractómetro	U	\$25.43	\$25.43
1	pH-metro	U	\$72.61	\$72.61
1	Densímetro	U	\$9.86	\$9.86
1	Filtro de Placas	U	\$30.55	\$30.55
1	Acidómetro	U	\$185.00	\$185.00
18	Fermentadores de capacidad de 4,5 litros	U	\$9.30	\$167.40
1	Termómetro de pared		\$7.99	\$7.99
1	Cocina Eléctrica pequeña	U	\$30.00	\$30.00
1	Tapadora de botellas	U	\$24.86	\$24.86

				\$730.99
MATERIA PRIMA E INSUMOS				
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total
17	Miel de abeja	Litros	\$10.00	\$170.00
2	Nutriente Servomyces	Gramos	\$1.20	\$2.40
3	Ácido cítrico	Gramos	\$0.05	\$0.15
180	Clarificante	Gramos	\$0.01	\$1.80
50	Metabisulfito de potasio	Gramos	\$0.02	\$1.00
40	Agua Purificada	litros	\$0.35	\$14.00
12.24	Lalvin EC1118	Gramos	\$0.88	\$10.77
16.6	SafAle S-04.	Gramos	\$0.30	\$4.98
50.4	FERMIVIN 4F9	Gramos	\$0.11	\$5.54
				\$210.65
MATERIALES Y SUMINISTROS				
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total
1	Cucharon	U	\$1.00	\$1.00
108	Envases de vidrio color ámbar de 500 ml	U	\$0.55	\$59.40
3	Cucharas de madera mediana	U	\$0.33	\$1.00
1	Cuchara de madera grande	U	\$1.00	\$1.00
3	Jarras plásticas	U	\$1.00	\$3.00
2	Tazón de acero	U	\$4.50	\$9.00
2	Ollas de acero inoxidable	U	\$20.00	\$40.00
25	Vasos Plásticos	U	\$0.02	\$0.50
1	Probeta de 250 ml	U	\$7.71	\$7.71
2	Mesas plásticas	U	\$24.00	\$48.00
2	Vasos de precipitación de 100 ml	U	\$3.40	\$6.80
2	Lavacara de acero de 14 cm	U	\$0.50	\$1.00
6	Limpiones	U	\$0.33	\$2.00
6	Mascarillas	U	\$0.25	\$1.50

6	Cofias	U	\$0.40	\$2.40
1	Alcohol	U	\$1.10	\$1.10
1	Jabón líquido	U	\$1.00	\$1.00
1	Lava vajillas	U	\$0.77	\$0.77
1	Desinfectante	U	\$0.77	\$0.77
1	Esponja Lavaplatos	U	\$0.35	\$0.35
1	Escoba	U	\$1.73	\$1.73
1	Trapeador	U	\$1.70	\$1.70
1	Recogedor de basura	U	\$0.70	\$0.70
1	Fundas de basura	U	\$0.50	\$0.50
1	Tacho de basura	U	\$1.00	\$1.00
1	Detergente en polvo	U	\$1.35	\$1.35
1	Cloro Líquido	U	\$0.48	\$0.48
				\$195.76
MATERIAL BIBLIOGRAFICO Y FOTOCOPIAS				
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total
200	Impresiones	U	\$0.15	\$30.00
3	Carpetas	U	\$0.60	\$1.80
				\$31.80
OTROS GASTOS				
Cantidad	Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total
2	Transporte	Mensual	\$70.00	140
2	Internet	Mensual	\$22.50	45
2	Luz eléctrica	Mensual	\$20.00	40
2	Agua potable	Mensual	\$7.50	15
				240
GASTO TOTAL				\$1,604.27

Fuente: (Doicela & Montatixe, 2025)

5 CONCLUSIONES

- La caracterización de la miel de abeja permitió conocer que esta cumple con todos los parámetros establecidos por la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1572:2016 para miel de abeja, certificando el cumplimiento de calidad y pureza en los valores de acidez, humedad, ceniza, azúcares totales, así mismo mediante la normativa Codex Stan 12-1981 se da el cumplimiento en valores del pH, mientras que la proteína presente en la miel de abeja fue de un rango menor al 1%, constatando que la miel cumple con las características óptimas para ser procesada y usada en los tratamientos para la obtención de la hidromiel.
- La obtención del hidromiel se dio mediante un proceso de fermentación de 45 días en las cuales se evaluaron parámetros de pH, acidez, densidad, sólidos solubles y el contenido de alcohol. Estos parámetros permitieron evaluar la eficiencia fermentativa de las levaduras, así como la tolerancia osmótica a las cuales fueron expuestas cada tratamiento, tras esto se aplicó un análisis sensorial el cual permitió conocer la aceptabilidad por parte los catadores en las cuales se evaluaron el aspecto visual, aspecto aromático, aspecto gustativo y aceptación general. Con base en los resultados obtenidos, se concluye que el tratamiento a₃b₃, formulado con una concentración inicial de 24 °Brix y la cepa de levadura FERMIVIN 4F9, presentó mayor eficiencia fermentativa destacándose en los parámetros fisicoquímicos, así como también teniendo una buena aceptabilidad en las pruebas sensoriales siendo elegido este como el mejor tratamiento en la obtención del hidromiel.
- La evaluación del mejor tratamiento permitió establecer que el hidromiel obtenido presenta una composición nutricional acorde con una bebida fermentada a base de miel de abeja, con un aporte energético moderado de 42,24 kcal/100g, contenido de carbohidratos totales de 10,56 g/100 g correspondiente principalmente a azúcares residuales. Asimismo, se evidenció ausencia de grasas y proteínas, lo cual es característico de este tipo de bebidas fermentadas. Desde el punto de vista microbiológico, el producto se ajusta a los criterios de seguridad alimentaria establecidos, con recuentos de mohos y levaduras <10 UFC/g y ausencia de *Salmonella spp.*, lo que garantiza su idoneidad para el consumo humano. En cuanto, a la capacidad antioxidante, se obtuvo baja a moderada (3,43 µg ácido gálico/ml), esto debido al tipo

de miel utilizado y la ausencia de adición de fuentes extras de compuestos fenólicos, sin alterar la calidad estabilidad del hidromiel producido.

6 RECOMENDACIONES

- Se sugiere evaluar el efecto de la suplementación nutricional del mosto de miel, mediante la adición de fuentes de nitrógeno asimilable, minerales y vitaminas, con el propósito de analizar su influencia sobre la eficiencia fermentativa, la estabilidad cinética del proceso y las propiedades fisicoquímicas finales del hidromiel.
- Se recomienda evaluar la adición controlada de jugos o pulpas frutales con elevado contenido de compuestos fenólicos, con el objetivo de incrementar la capacidad antioxidante del hidromiel, optimizando el momento de incorporación para minimizar la pérdida de estos compuestos durante el proceso fermentativo y favorecer el desarrollo de atributos sensoriales diferenciados.
- Se recomienda realizar estudios de vida útil y estabilidad oxidativa para determinar el comportamiento del hidromiel al ser almacenado bajo diferentes condiciones de temperatura y luz, permitiendo determinar parámetros óptimos de conservación.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, K. M., & Delgado, L. (2025). *Producción de hidromiel con levadura no convencional Hanseniaspora valbyensis : aspecto cinético microbiano , fisicoquímico y sensorial*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Jaén. <https://repositorio.unj.edu.pe/items/5376be52-a805-4149-9728-31a899d7cb0b>
- Abvickers. (2023). *Nutriente para levadura - Hoja de datos técnicos Servomyces L50*. <https://admin.lallemandbrewing.com/wp-content/uploads/2023/05/Servomyces-L50-TDS-SPA-Digital-AB-Vickers-1.pdf>
- Acosta, C. (2012). *Evaluation of alcoholic fermentation for mead production*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Acosta, S. (2023). Criterios para la selección de técnicas e instrumentos de recolección de datos en las investigaciones mixtas. *Revista Honoris Causa*, 15;62–83. <https://orcid.org/0000-0003-2719-9163>
- Almanza, G., Jiménez, P., Moncada, M., Mejía, C., Hernández, O., Ríos, F., & López, G. (2019). Caracterización de la producción de hidromiel artesanal y análisis de sus propiedades antioxidantes. *Verano de La Ciencia XXIX*, 28, 1–13.

- Ampuño, D. C., & Cedeño, M. J. (2025). *Revalidación del análisis de sólidos solubles por refractometría del laboratorio CESECCA- ULEAM EP DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ* (Tesis de pregrado). Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/9156>
- Andrade, F., Machado, O., & Armendariz, C. (2018). Método inductivo y su refutación deductiva. *CONRADO*, 14(63), 117–122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442018000300117&script=sci_abstract&tlng=en
- Arango, L. (2010). Estudio exploratorio, un viaje para descubrir. *Invest Educ Enferm*, 28(3). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012053072010000300019&script=sci_arttext
- Ardila, J. P., & Cuadros, E. L. (2021). *Evaluación de la concentración de azúcares totales, reductores y grados brix durante la fermentación de pulpa de café para la obtención de ácido láctico*. (Tesis de pregrado). Universidad Libre Seccional Socorro. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19903>
- Association of Official Analytical Chemists, (AOAC). (2019). *Moisture in meat (Method 977.20)*.
- Barris, J. (2010). *Análisis Sensorial*. (Tesis de pregrado). Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/entities/publication/bb1b9a81-c4e3-48bc-8a36-dbf4adfb11e>
- Batislema, V. F. (2023). *Características físico-químicas do mel de abelha-europeia (Apis mellifera) de diferentes regiões do Estado de Mato Grosso do Sul*. Universidad Federal da Grande Dourados. <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/5502>
- Bénes, I., Furdíková, K., & Šmogrovičová, D. (2015). Influence of *Saccharomyces cerevisiae* strain on the profile of volatile organic compounds of blossom honey mead. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(4), 334–339. <https://doi.org/10.17221/48/2015-CJFS>
- Benites, K. I. (2021). *Impacto de la aplicación de tres variedades de levaduras (S. cerevisiae, S. pastorianus, S. bayanus) en la producción de cerveza artesanal tipo lager*. Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstreams/402e15f9-a124-4399-b62f-140ef6f7f860/download>
- Cabrera, F. (2012). *Bebidas Fermentadas* (Issue 14). Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Caicedo, P., Dominguez, F., & Christian, H. (2023). Utilización de la hidromiel en técnicas de coctelería clásica. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(4), 292–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.59169/pentacencias.v5i4.668>
- Caicedo, P., Vinueza, C., Jimena, C., & Dario, H. (2023). Elaboración de hidromiel a partir de dos

- variedades de miel de abeja. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(4), 729–740.
<https://doi.org/https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i4.788>
- Cajas, A. (2019). *Efecto de tres diluciones y dos tipos de levaduras sobre los parámetros sensoriales, fisicoquímicos y microbiológicos en la elaboración de hidromiel*. (Tesis de pregrado). Universidad Agraria Del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CAJAS TORAL JORGE AUGUSTO.pdf>
- Cálderon, S. K., & Gusque, M. X. (2021). *Aprovechamiento de la quinua (Ecotipo Chimborazo) como fuente adjunta de azúcares fermentables para la elaboración de cerveza artesanal*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/3ede019c-916f-4204-b4b2-bf3f5e964f80>
- Cando, C. A., & Lema, J. D. (2022). *Caracterización de una bebida refrescante carbonatada a partir de lactosuero y endulzada con miel de agave, miel de abeja y miel de caña*. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/3a7662af-ebf0-40c0-acd2-43d784f04915>
- Carbajal, R. V. (2020). *Metodología de la investigación. Investigación Bibliográfica/Documental*. (1st ed.). Editorial San Salvador. <https://ri.ufg.edu.sv/jspui/handle/11592/9845>
- Cárdenas, N., Cevallos, C., Salazar, J., Romero, E., Gallegos, P., & Cáceres, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de Las Ciencias*, 4(3), 253–263.
[url:http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index](http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index)
- Cardoso, B. F., & Reis, L. de B. (2024). *Bebidas fermentadas: um panorama nacional baseado em documentos patentários*. Universidad de Federal Do Rio de Janeiro.
- Catallo, M., Lattici, F., Randazzo, C., Caggia, C., Krogerus, K., Magalhães, F., Gibson, B., & Solieri, L. (2021). Hybridization of *Saccharomyces cerevisiae* Sourdough Strains with Cryotolerant *Saccharomyces bayanus* NBRC1948 as a Strategy to Increase Diversity of Strains Available for Lager Beer Fermentation. *Microorganisms*, 9(3).
<https://www.mdpi.com/2076-2607/9/3/514>
- Comelli, R., Seluy, L., & Isla, M. (2016). Performance of several *Saccharomyces* strains for the alcoholic fermentation of sugar-sweetened high-strength wastewaters: Comparative analysis and kinetic modelling. *New Biotechnology*, 33(6), 874–882.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.09.007>

- Contreras, Y. (2018). *Evaluación del potencial para elaboración de sidras de levaduras Patagónicas criotolerantes del género Saccharomyces*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Comahue. <https://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/11085>
- Córdova, P. A. (2024). *Efecto de la geometría del fermentador sobre la cinética de fermentación y el metabolismo de las levaduras vínicas durante la fermentación alcohólica*. (Tesis de maestría). Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/206936>
- Correa, A. R. (2015). *Evaluación de indicadores de deterioro de miel de diferentes especies de abejas*. [Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia.]. <http://www.icta.unal.edu.co/>
- Díaz, C. (2020). *Plan de negocios para empresa de hidromiel (MEADERY)*. (Vol. 21, Issue 1). Tesis de maestría. Universidad de Chile.
- Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la evaluación sensorial de Alimentos*. www.iin.sld.pe
- Duncan, J. D., Setati, M. E., & Divol, B. (2024). Nicotinic acid availability impacts redox cofactor metabolism in *Saccharomyces cerevisiae* during alcoholic fermentation. *FEMS Yeast Research*, 24. <https://doi.org/10.1093/femsyr/foae015>
- Echeverría, K. L. (2023). *Evaluación del efecto del calentamiento en la calidad de la miel de abeja proveniente de apiarios regionales de la Costa Sur de Guatemala, por medio del valor del índice de diastasa e hidroximetilfurfural para determinar la temperatura óptima en el proces* (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18569/>
- Escribiano, R. (2021). *Selección de levaduras no-Saccharomyces para la elaboración de vinos tintos de calidad*. (Tesis doctoral). Universidad de la Rioja. <https://digital.csic.es/handle/10261/264455>
- Escuredo, O., Míguez, M., Fernández, M., & Seijo, C. (2013). Valor nutricional y actividad antioxidante de las mieles producidas en un área atlántica europea. *Food Chem*, 138(1 y 2), 851–856. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612017426>
- Fálcón, P. E., Aguirre, E. B., Toscano, A. Z., & Asnate, E. J. (2021). Elaboración y caracterización de una bebida fermentada elaborada con el fruto de capulí (*Prunus serotina*) y miel de abeja. *Dominio de Las Ciencias*, 7(1), 59–78. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexCienciasNaturalesArticuloderevisión>
- Falcón, P., Rosales, E., & Toscano, A. (2019). Efecto del tiempo de la maceración prefermentativa sobre la capacidad antioxidante, carotenos, vitamina c de una bebida fermentada de

- aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) al estado maduro. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 214–227.
http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/AS_V10N2/article/view/172
- Ferreira, L. (2014). *Elaboración de cerveza: historia y evolución , desarrollo de actividades de capacitación e implementación de mejoras tecnológicas para productores artesanales*. [Universidad Nacional La Plata]. <http://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreira-.pdf>
- Fiallos, M. E. (2023). *Elaboración de bebidas fermentadas a base de higo con la utilización de tres levaduras* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. biblioteca.espech.edu.ec
- Fraresso, S. A. (2022). *Estrategia de diversificación para Grupo Ledesma: Producción de miel orgánica como producto de consumo saludable*. [Tesis de pregrado. Universidad Siglo 21.]. <https://repositorio.21.edu.ar/items/6c70f694-8341-493e-86df-0e47aec4ff8e>
- García, F., Palacios, S., López de Lerma, N., Mauricio, J., & PEINADO, R. (2019). Evaluación de la eficiencia fermentativa de levaduras resistentes a los efectos del cambio climático en la vid. In *XLI Jornadas de VITICULTURA Y ENOLOGÍA de la Tierra de Barros*. Tecnigraf S.A.
- García, G. F. (2022). *Determinación de la cinética de fermentación y propiedades organolépticas de hidromiel*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/71324b11-b712-43d8-a7f1-1e3cd98b514a>
- García, M. E., Armenteros, E., Escobar, M. D. C., García, J. A., Méndez, J., & Ramos, G. (2022). Chemical composition of the bee honey and its relation to health benefits. *Revista Medica Electronica*, 44(1), 155–167.
- Gayevskiy, V. (2015). *The Origin, Diversity and Ancestry of Saccharomyces Yeasts in New Zealand*. The University of Auckland. <https://researchspace.auckland.ac.nz/server/api/core/bitstreams/d2421360-3a1c-40ca-9e7d-39696bfc9a68/content>
- González, Á., Cuenca, M., Martínez, E., & Rincón, B. (2021). Evaluación ambiental asistida por computador del proceso de producción de hidromiel a escala piloto en el Departamento de Boyacá y Bolívar (Colombia). *Ingeniería y Competitividad*, 24. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30332022000100021&script=sci_arttext
- González, L. M., Figueredo, C. J., Luna, L., Robles, D., & Medina, G. (2024). Una breve revisión de la composición y valor nutracéutico de la miel de *Apis mellifera*. *Boletín de Ciencias*

- Agropecuarias Del ICAP*, 10(20), 1–9. <https://doi.org/10.29057/icap.v10i20.12886>
- Gregori, M. F., Mendoza, C. R., Galdámez, D. E., Reyes, E. G., Rodríguez, O. A., & Mejía, S. A. (2025). Evaluación de dos métodos de extracción de aceite de menta (*Mentha piperita* L.) para saborizar miel de abeja (*Apis mellifera* L.) y su efecto en las características organolépticas y aceptabilidad. *Revista Agrociencia*, 9(27), 13–21. <https://doi.org/10.5377/agrociencia.v9i27.20681>
- Guarco, C. D., & Morales, A. V. (2015). *Evaluación de la Cinética de Fermentación de una Levadura Antártica y su Aplicabilidad en el Proceso de Fermentación de Cervezas*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/29974>
- Habschied, K., Rajs, B. B., Dozan, L., Krstanović, V., & Mastanjević, K. (2025). Physicochemical Properties of Traditionally Produced Mead. *Beverages*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/beverages11030061>
- Hernández, D. (2021). *Fermentación alcohólica de la vaina de Mezquite para fomentar su valor agregado*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/7422>
- Hernández, L. S. (2014). *Determinación del potencial nutracéutico y la actividad antioxidante de la miel propolizada elaborada por la Empresa APICARE, Riobamba - Chimborazo*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3190>
- Hernández, N., & Klimenko, O. (2025). Research methodology , qualitative , quantitative , and mixed approaches. *Nexus: Multidisciplinary Research Journal*, 2(3), 1–19. <https://nexushouseeditorial.com/index.php/nexus/es/article/view/24>
- Hott, R. (2015). *Producción y caracterización de mead (hidromiel) espumante*. (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fah834p/doc/fah834p.pdf>
- Hurtado, A. S. (2021). *Elaboración de diferentes tipos de Hidromiel con saborizantes naturales procedentes de Flores, Frutos y Hojas*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstreams/402e15f9-a124-4399-b62f-140ef6f7f860/download>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (1989). *Determinación de la acidez libre (NTE*

INEN 1634).

- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2002). *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación de la acidez total (NTE INEN 2323:2002)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2002). *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación del grado alcohólico (NTE INEN 2322:2002)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2002). *Bebidas alcohólicas. Cerveza. Determinación del pH (NTE INEN 2324:2002)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2010). *Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso (NTE INEN 857)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2013). *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de humedad (método de referencia) (NTE INEN-ISO 1442)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2013). *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido de nitrógeno. Método de referencia (NTE INEN ISO 937)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2013). *Carne y productos cárnicos. Determinación del contenido total de cenizas (NTE INEN ISO 936)*.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (INEN). (2020). *Productos vegetales y frutas. Determinación de pH (NTE INEN ISO 1842)*.
- Inwongwan, Sahutchai Kitcharoen, T., Wongsasuk, P., Masurier, W. Le, Saksunwiriya, C., Takioawong, P., Pandith, H., Intarasit, Sitthisak Noirungsee, N., & Disayathanoowat, T. (2025). Comparative Analysis of Physicochemical and Biological Activities of Meads from Five Mekong Region Honeys Pre- and Post-Fermentation. *Fermentation*, 11(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/fermentation11040190>
- Jara, karina N. (2023). *Diseño de un proceso de producción industrial para la obtención de hidromiel de mora*. (Tesis de pregrado). Universidad Superior Politécnica de Chimborazo. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/fce49ed9-c099-478d-b677-af1cbaa3534d>
- Kim, J., Baidoo, E., Amer, B., & Mukhopadhyay, A. (2021). Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for isoprenol production. *Metabolic Engineering*, 64, 154–166. <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2021.02.002>
- Kružík, V., Grégrová, A., Vaispacherová, L., Václavíková, E., Škorpilová, T., Rajchl, A., & Čížková, H. (2022). Characteristic parameters of honey wines and dessert meads. *Czech Journal of Food Sciences*, 40(1), 42–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.17221/159/2021->

CJFS

- Leighton, J. S., Plata, M. Á., & Villalobos, A. P. (2023). *Obtención de bioetanol a partir del corozo a través del proceso de la fermentación alcohólica*. (Tesis de pregrado). Universidad EAN. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/c2f012c9-65dc-447e-9591-427b59e20f41/content>
- Li, X., Tan, X., Sun, W., Wei, C., Li, B., Jiang, J., Qin, Y., Liu, Y., & Song, Y. (2026). Advances in mead production and flavor characteristics: traditional and modern techniques, metabolic pathways of volatile compounds, and sensory evaluation. *Food Chemistry: X*, 33. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.103270>
- Liu, J., Ye, P., He, C., Liu, Y., & Zhang, S. (2022). Ethyl esters enhancement of Jinchuan pear wine studied by coculturing *Saccharomyces bayanus* with *Torulaspora delbrueckii* and their community and interaction characteristics. *Food Bioscience*, 46. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101605>
- Lopez, J. M. (2022). *Crianza, manejo de una apicultura*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Educación. <https://repositorio.une.edu.pe/server/api/core/bitstreams/66ce79b3-44c4-42fe-8b04-6946155b824a/content>
- MAG. (2018). *Ecuador tiene 1760 apicultores registrados*. <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-tiene-1760-apicultores-registrados/>
- MAG. (2020). *Con asistencia técnica, capacitaciones e incentivos Ecuador fortalece la producción apícola*. <https://www.agricultura.gob.ec/con-asistencia-tecnica-capacitaciones-e-incentivos-ecuador-fortalece-la-produccion-apicola/>
- MAG. (2020). *Ecuador aprovecha su diversidad para impulsar la apicultura*. <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-aprovecha-su-diversidad-para-impulsar-la-apicultura/>
- Mărgăoan, R., Cornea, M., Topal, E., & Kösoğlu, M. (2020). Impact of Fermentation Processes on the Bioactive Profile and Health-Promoting Properties of Bee Bread, Mead and Honey Vinegar. *Processes*, 8(9). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/pr8091081>
- Martinez, J., & Quiles, A. (2018). *Parámetros de calidad en la miel. Influencia de las condiciones del procesado*. Universidad Politécnica de València. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/e47e6af2-b465-4e07-9d13-6efe1d039328/content>

- Martínez, W. O., Arias, W., Baez, C., Higuera, J., Duque, O., & Rodríguez, J. (2014). La bebida de los dioses: hidromiel del bosque – apiarios del bosque. *Congreso Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación, COGESTEC*. https://www.researchgate.net/profile/Orlando-MartinezBojaca/publication/268803663_LA_BEBIDA_DE_LOS_DIOSES_HIDROMIEL_DEL_BOSQUE_-_APIARIOS_DEL_BOSQUE/links/547626fa0cf29afed6141e56/LA-BEBIDA-DE-LOS-DIOSES-HIDROMIEL-DEL-BOSQUE-APIARIOS-DEL-BOSQUE.pdf
- Masaquiza, D., Martín, D., & Zapata, J. (2023). Apicultura ecuatoriana : situación y perspectiva. *Tesla Revista Científica*, 3(2), 1–14. <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/252>
- Mendes-Ferreira, A., Cosme, F., Barbosa, C., Falco, V., Inês, A., & Mendes-Faia, A. (2010). Optimization of honey-must preparation and alcoholic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for mead production. *International Journal of Food Microbiology*, 144(1), 193–198. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.09.016>
- Mérino, R. (2023). *Capacidad antioxidante y contenido fenólico total en polen apícola*. (Tesis de pregrado). Universidad de Valladolid. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/91415/fichero/merged%281%29.pdf>
- Móran, N. S., Zavala, D. L., Intriago, A. B., Avila, R. A., Guerrero, H. A., Tuárez, H. M., Pinargote, B. J., & Pilay, N. A. (2025). *Metodología de la investigación científica: diseño de investigaciones cuantitativas*. Editorial Alema. <https://editorialalema.org/libros/index.php/alema/article/view/45>
- Neira, P. A. (2024). *Producción de etanol a partir del bagazo residual de un proceso de fermentación alcohólica en planta piloto*. Fundación Universidad de América. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9732>
- Normalización y Certificación NORMEX, A. C. (2009). *Alimentos—Determinación de pH—Método de prueba (NMX-F-103-NORMEX-2009)*.
- Ojeda, R. (2017). *Análisis del potencial de la actividad apícola como desarrollado socioeconómico en sectores rurales*. (Tesis de pregrado). Universidad San Francisco de Quito.
- Orozco, J. (2010). Las bebidas alcohólicas en la historia de la humanidad. *Aapaunam Academia, Ciencia y Cultura*, 42–52. <http://www.medigraphic.com/pdfs/aapaunam/pa-2010/pae101i.pdf>
- Padilla, F., Sánchez, N., Calahorra, M., & Peña, A. (2021). Levaduras Degradadoras De Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. *Revista de Educación Bioquímica*, 40(4), 178–188.

- <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=103643>
- Paoloni, M. S. (2021). *Caracterización Y Clasificación De Polen Apícola Argentino Según El Origen Botánico Y Composición Química*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Sur. [https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5665/GARCÍA PAOLONI M.S.TESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5665/GARCÍA_PAOLONI_M.S.TESIS.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Pardiñas, V. (2016). *Aislamiento de levaduras osmotolerantes a partir de miel de abeja de diferentes fuentes florales para su utilización en diversos procesos de fermentación*. (Tesis de pregrado). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/c2f012c9-65dc-447e-9591-427b59e20f41/content>
- Pereira, A. P., Mendes-Ferreira, A., Estevinho, L. M., & Mendes-Faia, A. (2014). Mead production: Fermentative performance of yeasts entrapped in different concentrations of alginate. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), 575–580. <https://doi.org/10.1002/jib.175>
- Pereira, A. P., Mendes, A., Días, L., Oliveira, J., Estevinho, L., & Mendes, A. (2019). Volatile Composition and Sensory Properties of Mead. *Microorganisms*, 7(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms7100404>
- Pérez, D. M. (2024). *Procesos Químico-Analíticos para determinar la calidad del hidromiel* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/c3899b5e-d483-4761-9f2b-067a06385f86/content>
- Proaño, J., Álvarez, M. P., Sarabia, D. S., & Crespo, J. E. (2023). Propiedades de la Miel de Abeja Aplicadas en las Úlceras por Presión. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 7328–7343. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8320
- Puga, S. A. (2024). *Análisis del Proceso de Producción de Bebida Alcohólica Fermentada a Base de Miel Monofloral y Multifloral* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17618>
- Queiroz, E. L., De Almeida, T. B., E Silva, A. K. C., Anunciação, A. S., De Souza, S. M. A., & Martínez, E. A. (2024). Optimization of the fermentation process for mead production: a review. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 16(1), 3103–3133. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n1-162>
- Quicazán, M. C., Cuenca, M. M., & Paz, A. B. (2018). *Producción de hidromiel en el contexto de*

la apicultura en Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=UPikDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Este+nutriente+biol%C3%B3gico+se+obtiene+a+partir+de+c%C3%A9lulas+de+levadura+inactivadas+y+se+utiliza+com%C3%BAnmente+en+la+elaboraci%C3%B3n+de+hidromiel.+Su+formulaci%C3%B3n+permite+una+liberaci%C3%B3n+adec>

- Quiroga, S. (2018). *Cultura líquida: Transformación en el consumo de bebidas alcohólicas en Bogotá 1880-1930*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=oceGDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA112&dq=las+bebidas+alcoh%C3%B3licas+fermentadas+han+constituido+un+componente+fundamental+de+la+cultura+humana+y+de+los+espacios+de+socializaci%C3%B3n+a+lo+largo+de+los+siglos,+evolucionando+de>
- Ramalhosa, E., Gomes, T., Pereira, A., Dias, T., & Estevinho, L. (2011). Mead Production: Tradition Versus Modernity. *Advances in Food Nutrition Research*, 63, 101–118.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384927-4.00004-X>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7.
<https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Ríos, R., & Yohany, K. (2020). *Diseño de un proceso de fermentación alcohólica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.].
https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/4336/Rafael_R%C3%ADos_Kenny_Yohany.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rodríguez, N. del P., & Rubiano, M. E. (2019). *Proceso de elaboración de hidromiel*. SENA.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7441/Proceso_elaboracion_hidromiel.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rojas, L., Yádro, C., & Rodríguez, L. (2022). Diagnóstico molecular una alternativa para la detección de microorganismos en la miel de abeja. *APICIENCIA*, 24(1), 1–7.
<https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/e47e6af2-b465-4e07-9d13-6efe1d039328/content>
- Roldán, A., Van Muiswinkel, G., Lasanta, C., Palacios, V., & Caro, I. (2011). Influencia de la adición de polen en la elaboración de hidromiel: características fisicoquímicas y sensoriales. *Food Chemistry*, 126(2), 574–582. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.045>
- Ruíz, L., Mendoza, L., Van, C., Pescuma, M., & Mozzi, F. (2020). Fermentación de jugos y bebidas

- a base de frutas-Tucumán-Argentina. *Alimentos Fermentados: Microbiología, Nutrición, Salud y Cultura*, 1, 273–306. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/120385>
- Samaniego, L. P. (2015). *Producción de reinas fecundadas (Apis mellifera) evaluación hasta la postura*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. biblioteca.esPOCH.edu.ec
- Sánchez, D. V. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico de La Escuela Superior Tepeji Del Río*, 9(17), 38–39. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>
- Santana, Z., Zumalacárregui, L., & García, J. (2021). Usos de la levadura *Pichia pastoris* en la producción de proteínas recombinantes. *Vaccimonitor*, 30(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1025-028X2021000300153&script=sci_arttext&tlng=pt
- Sica, P., Tonoli, F., Silverio, M. S., Douradinho, R., Mota, L. A., Prado, L., Leite, G. M. G. L., Carvalho, R. S., Pinto, A. U., & Baptista, A. S. (2025). Pre-adaptation of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains to very high gravity can improve fermentation parameters and reduce osmotic stress. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15(6), 9123–9137. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05746-4>
- Silva, M. (2023). Las aldehído deshidrogenadas en la protección a estrés oxidativo en microorganismos anaerobios. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. In *Vide Science Technique Et Applications*. <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/e4be4b2d-20cb-4d5d-bc27-bc97b8695f9a/content>
- Soler, R. A. (2023). El método científico y el pensamiento complejo para la investigación en la educación superior actual. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 15(2). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2422-42002023000200147&script=sci_arttext
- Sosa, C. R., Campos, J., Mejia, J. A., García, D., & Santiago, C. I. (2024). Fermentación alcohólica de guayaba (*Psidium guajava* L.) por *Kluyveromyces marxianus*. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 12(23), 104–110. <https://doi.org/10.29057/icbi.v12i23.12017>
- Soto, J. F. (2021). *Determinación de la capacidad antioxidante de la miel producida por Tetragonisca angustula, procedente de los productores asociados a la red de meliponicultores de "Alianza Campesina Flora Nueva"*. (Tesis de maestría. Universidad

Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/2d040792-e0a1-498f-b392-ca9e95c2a090/content>

- Tapiero, J. L., & Salamanca, G. (2016). Evaluación del proceso fermentativo en la producción de hidromieles monoflorales colombianas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 3, 6. <https://doi.org/10.23850/24220582.377>
- Tierra, C. J. (2024). *Comparación de la capacidad fermentativa de la levadura aislada del bosque Primario-Pungalá en hidromiel*. (Tesis de maestría). Universidad Superior Politécnica de Chimborazo. biblioteca.esPOCH.edu.ec
- Torres, D. S. (2022). *Análisis De La Influencia En Las Características Químicas Y Sensoriales En La Elaboración De Hidromiel Con Levaduras No-Saccharomyces*. (Tesis de maestría). Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/200059>
- Uribe, C. M. (2023). *Evaluación y determinación de reguladores de acidez competentes para el ajuste de pH en los medios de cultivo empleados en Postobón S.A.S*. Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/33562>
- Velásquez, J. M. (2023). *Evaluación de la utilización de la cáscara de zanahoria (Daucus carota) como sustrato fermentable para la producción de biomasa utilizando levadura (Saccharomyces cerevisiae) a escala laboratorio*. Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18335/>
- Villalón, Y., Acosta, Y., Castellanos, X., Hechavarría, S., & Tames, M. (2024). Calidad de la miel de abejas (*Apis mellifera* L.) producida en localidades del municipio el Salvador. *Revista Forestal Baracoa*, 43, 1–5. <https://forestbaracoa.edicionescervantes.com>
- Yancha, E. G., & Delgado, A. V. (2025). Análisis Comparativo De Dos Tipos De Levaduras *Saccharomyces Cerevisiae* Y *Saccharomyces Bayanus* En Una Bebida Fermentada a Base De Arroz. *La Ciencia Al Servicio De La Salud Y Nutrición*, 15(2), 27–32. <https://doi.org/10.47187/cssn.vol15.iss2.347>