

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“Fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB a través
de un fermentador anaeróbico”**

AUTOR: Nixer Adrian Zambrano Vera

TUTOR: Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya, Mg

El Carmen, 30 de enero del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2
		Página 1 de 2

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Extensión El Carmen Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante **Zambrano Vera Nixer Adrian**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de proyecto de titulación, cuyo tema del proyecto es “**Fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB a través de un fermentador anaeróbico**”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 30 de enero de 2026.

Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya, Mg

Docente Tutora

Área: Industria y productividad

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

Fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB a través de un fermentador anaeróbico

AUTOR: Nixer Adrian Zambrano Vera

TUTOR: Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya Mg.

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIA

TRIBUNAL DE TITULACIÓN



Mg. Kleber Fernando Chanaluisa
Presidente del tribunal de titulación



Mg. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio
Miembro del tribunal de titulación



Mg. Cobeña Loo Nexar Vismar
Miembro del tribunal de titulación

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Zambrano Vera Nixer Adrian, con cédula de identidad: 235022874-4, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema "FERMENTACIÓN ACÉTICA DE LA BELLOTA DEL PLÁTANO MUSA AAB A TRAVÉS DE UN FERMENTADOR ANAERÓBICO" es información exclusiva de su autor, apoyados por el criterio de diferentes profesionales, presentados en la bibliografía; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo corresponde a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión en El Carmen.

Atentamente



ZAMBRANO VERA NIXER ADRIAN

235022874-4

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres Alexandra Vera y Holger Zambrano, que, sin el apoyo de ellos no lo hubiese logrado. por su amor incondicional, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad. Ustedes han sido mi mayor motivación y mi refugio en cada momento de este camino.

A mi hermana Yulexi Zambrano por su alegría y sus palabras de aliento en los días difíciles. Gracias por creer en mí.

Este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Principalmente gracias a Dios por permitirme alcanzar mi meta más anhelada como lo es mi título universitario.

Mis más sinceros agradecimientos al personal que hace parte de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo, en especial a la Ing. Elizabeth Tacuri, por su paciencia, comprensión, guía y por el apoyo brindado

De tal manera agradecer a todos los docentes que pasaron por aquellas aulas, por la enseñanza de sus valiosos conocimientos, gracias a cada uno por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y agradecimiento a mi familia pilar fundamental durante todo este proceso, a todos y cada una de las personas que hicieron esto posible, muchas gracias.

ÍNDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE ANEXO	X
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	5
1 MARCO TEÓRICO	5
1.1. El plátano y sus subproductos	5
1.2. Aprovechamiento de la bellota	6
1.3. Fermentación acética y doble fermentación: Fundamento científico	6
CAPITULO II	12
2. ESTADO DEL ARTE	12
CAPÍTULO III	14
3 MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Localización de la unidad experimental	14
3.2 Caracterización agroecológica de la zona	15
3.3 Variables	15
3.4 Variables independientes	15
3.5 Variables dependientes	15
3.5.1 Métodos	15
3.5.2 Frecuencia	16
3.6 Unidad Experimental	16
3.7 Tratamientos	16
3.7.1. Kefir	17
3.8 Análisis Estadístico	20
3.9 Instrumentos de medición	21
3.9.1 Materiales y equipos de campo	21
	VI

3.9.2	Materiales de oficina y muestreo	21
3.9.3	Manejo del ensayo	21
CAPÍTULO IV		22
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1	Fase alcohólica	22
4.1.1	Comportamiento de los sólidos solubles (pH, °Brix, contenido alcohólico) de la bellota del plátano <i>Musa</i> AAB.	22
4.2	Fase acética	23
4.2.1	Contenido de sólidos solubles (°Brix) durante la fase acética	23
4.2.2	Interpretación	24
4.3	Rendimiento	25
4.4	Análisis de costos por tratamiento	25
5	Referencias	XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características meteorológicas presentadas en el ensayo.....	14
Tabla 2. Tratamiento del estudio.....	16
Tabla 3. Datos de la fase alcohólica de la bellota del plátano <i>Musa</i> AAB.....	22
Tabla 4. Datos de la fase acética de la bellota del plátano <i>Musa</i> AAB.....	24
Tabla 5. Datos de conversión a ácido acético.....	25
Tabla 6. Datos de conversión a ácido acético.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Requisitos establecidos por la Normativa NTE INEN 2296 para el vinagre</i>	13
Figura 2. <i>Ubicación Granja Experimental – ULEAM, El Carmen</i>	14

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1 XXXVIII

Anexo 2 XXXVIII

Anexo 3 XXXVIII

Anexo 4 XXXIX

Anexo 5 XXXIX

Anexo 6 XL

Anexo 7 XL

RESUMEN

Se realizó una investigación sobre la fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB, con el objetivo de aprovechar residuos agrícolas y generar un producto de valor añadido, como el vinagre. Este estudio se llevó a cabo en El Carmen, Manabí, donde se producían grandes volúmenes de desechos durante la cosecha de plátano. Se aplicó un diseño experimental que abarcó la caracterización fisicoquímica del sustrato y la valoración de diversas condiciones de fermentación en un fermentador anaeróbico. Las variables mantenidas constantes abarcaron temperatura, pH y duración de la fermentación. Se utilizaron diversas cepas de microorganismos, incluyendo levaduras y bacterias acéticas, para analizar su efecto en la generación de ácido acético. A lo largo del proceso, se llevaron a cabo mediciones regulares de pH, acidez, cantidad de etanol y grados Brix cada 3 a 5 días. Los hallazgos indicaron que la bellota de plátano es un medio idóneo para la elaboración de vinagre, logrando concentraciones relevantes de ácido acético y satisfaciendo los criterios de calidad definidos. Asimismo, el estudio reveló que la fermentación acética no solo minimiza el desperdicio de este subproducto agrícola, sino que también favorece el desarrollo sostenible de la comunidad al proporcionar nuevas oportunidades económicas. Este método innovador no solo incrementa la rentabilidad de las explotaciones, sino que también impulsa prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el entorno, cerrando el ciclo de producción y promoviendo un modelo de economía circular.

Palabras clave: fermentación acética, plátano *Musa* AAB, vinagre, residuos agrícolas, sostenibilidad.

ABSTRACT

A study was conducted on the acetic fermentation of the bellota of the banana *Musa* AAB, aimed at utilizing agricultural waste and generating a value-added product, such as vinegar. This research took place in El Carmen, Manabí, where large volumes of waste were produced during banana harvesting. An experimental design was implemented that included the physicochemical characterization of the substrate and the evaluation of various fermentation conditions in an anaerobic fermenter. The controlled variables encompassed temperature, pH, and fermentation duration. Different strains of microorganisms, including yeasts and acetic bacteria, were used to analyze their effect on the production of acetic acid. Throughout the process, regular measurements of pH, acidity, ethanol content, and degrees Brix were carried out every 3 to 5 days. The findings indicated that the banana bellota is an ideal medium for vinegar production, achieving significant concentrations of acetic acid and meeting the defined quality criteria. Furthermore, the study revealed that acetic fermentation not only minimizes waste from this agricultural byproduct but also promotes the sustainable development of the community by providing new economic opportunities. This innovative method not only increases the profitability of farms but also encourages sustainable and environmentally friendly agricultural practices, closing the production cycle and promoting a circular economy model.

Keywords: acetic fermentation, *Musa* AAB banana, vinegar, agricultural waste, sustainability.

INTRODUCCIÓN

Este estudio explora el proceso de fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB, como una estrategia innovadora para valorizar residuos agrícolas y contribuir al desarrollo de productos fermentados sostenibles, aprovechando tecnologías accesibles como el fermentador anaeróbico artesanal o de laboratorio en El Carmen, Manabí,

El plátano tipo *Musa* AAB es uno de los cultivos tropicales principales en Ecuador, especialmente en El Carmen, durante su proceso genera una cantidad significativa de residuos, incluidos frutos y bellotas. Estos residuos representan una oportunidad para la producción de productos de valor agregado, como el ácido acético (vinagre), mediante procesos de fermentación económica y amigable con el medio ambiente. (Cevallos, 2022)

Sin embargo, la bellota de *Musa* AAB (usualmente considerado subproducto), aún no ha sido agotado para la producción de vinagre.

El aprovechamiento de la bellota en un fermentador anaeróbico contribuye significativamente a la reducción de residuos orgánicos que, de otro modo, serían abandonados en el campo o dispuestos de forma inadecuada, liberando metano y otros gases de efecto invernadero. Mediante este proceso, dichas emisiones pueden ser capturadas y utilizadas como fuente de energía renovable

Esta tecnología ofrece una oportunidad para que los productores de El Carmen diversifiquen sus fuentes de ingreso. El biogás generado puede emplearse para suplir necesidades energéticas locales, reduciendo costos de electricidad o gas doméstico, mientras que los subproductos sólidos y líquidos resultantes pueden comercializarse como fertilizantes orgánicos, cerrando el ciclo productivo y mejorando la rentabilidad de las fincas.

La bellota del plátano (*Musa* AAB) es un alimento nutritivo que proporciona alrededor de 89 calorías por cada 100 gramos. Su contenido de carbohidratos, en su mayoría azúcares naturales, es aproximadamente del 22.8%. Asimismo, aporta aproximadamente 2.6 gramos de fibra, lo cual favorece una digestión adecuada. En lo que respecta a las vitaminas, contiene mucha vitamina C (cerca de 8 mg) y ofrece varias del complejo B, por ejemplo la B6. En cuanto a sus minerales, tiene aproximadamente 358 mg de potasio, 27 mg de magnesio y 0.3 mg de hierro, por lo que es una opción nutritiva y saludable (Aristizábal, 2008).

La bellota del plátano, desde la perspectiva mineral, es un buen aporte de potasio. Este mineral tiene una función importante en la regulación de la presión arterial y en el funcionamiento de los músculos. Además, tiene hierro y magnesio, que son esenciales para la producción de glóbulos rojos y la salud ósea, respectivamente. Además, su capacidad de saciar

el hambre y su bajo contenido calórico hacen de ella un complemento ideal para dietas balanceadas. En síntesis, la bellota del plátano no solo es un recurso energético, sino que además contribuye de manera importante a la salud en general (Barrera., 2012).

Economía circular en la agropecuaria

El sistema circular se ajusta a una sociedad que avanza y que exige y se preocupa por administrar adecuadamente los recursos. Proporciona soluciones estratégicas para procesos sostenibles, amigables y respetuosos con los recursos naturales, en contraposición a los métodos tradicionales, depredadores e inconscientes de explotación de recursos. La circularidad es una ventaja competitiva para adecuar la compañía a las normativas de los negocios internacionales y a diversas leyes gubernamentales, con el propósito de crear propuestas de valor y, en consecuencia, lograr la sostenibilidad de los recursos al generar empleo y alcanzar el desmarque respecto a los competidores (Raudales et al., 2024).

En tal sentido, Raudales et al (2024) La EC es una tendencia que sostiene la noción de que los recursos no son infinitos y, por ende, se debe generar una conciencia colectiva acerca de la relevancia de contar con empresas responsables socialmente con el entorno natural para utilizarlos de manera inteligente. La EC invita a eliminar desperdicios como una práctica de responsabilidad social corporativa, promoviendo así el uso inteligente de los materiales, lo que otorga una ventaja competitiva a las diversas industrias. En consecuencia que el sistema económico sustentable constituye un enfoque alternativo durante la reciente década; esto implica un manejo más balanceado, racional y eficaz de los recursos. En este modelo, el bien común y el respeto por el medio ambiente son primordiales, lo cual es el objetivo de la agenda 2030.

En relación con el ciclo de vida de los productos mencionado anteriormente, se ha destacado la importancia de la Economía Circular en cinco áreas concretas que abarcan todo el ciclo, desde la extracción de materias primas de la naturaleza hasta la recuperación y conversión en productos o servicios, involucrando actividades relacionadas como la extracción, transformación, distribución, uso y reciclaje. Asimismo, esta investigación ha subrayado la relevancia de la Economía Circular para que los bienes y servicios creados por las empresas sean diseñados y vendidos de manera eco innovadora (Costa, 2022).

Fermentación acética de la bellota en distintas ramas

La fermentación acética de la fruta del plátano (*Musa AAB*) juega un papel importante en la agricultura, ya que facilita la conversión de este subproducto agrícola en un biocombustible que es sostenible. Mediante este método, los azúcares contenidos en la fruta se transforman en ácido acético, lo que no solo contribuye a disminuir el desperdicio de productos

del campo, sino que también produce energía renovable. Este planteamiento ayuda a la sostenibilidad de las prácticas agrícolas al utilizar de manera eficiente los recursos y reducir el impacto sobre el medio ambiente (Ponce, 2024).

La fermentación acética de la bellota del plátano también se utiliza en el sector alimentario. El vinagre producido a través de este método puede funcionar como un conservante natural, alargando la durabilidad de varios alimentos. Así mismo, su sabor único puede mejorar el sabor de ensaladas, salsas y especias, proporcionando una opción más saludable que los aditivos artificiales. Incluir este vinagre en la alimentación puede ofrecer beneficios extras para la salud, debido a sus características antioxidantes y antimicrobianas (Alcalde, 2021).

En el campo de la innovación y la tecnología, la fermentación acética de la bellota de plátano ofrece una oportunidad para crear productos y procesos industriales novedosos. La investigación en biotecnología está analizando maneras de mejorar la fermentación y potenciar la eficacia en la producción de ácido acético. Esto no solo podría resultar en la elaboración de productos más sostenibles, sino que también podría generar nuevas oportunidades para comercializar la bellota del plátano, apoyando el crecimiento económico de las comunidades agrícolas y promoviendo la diversificación de sus ingresos (FAO).

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y evaluar el proceso de fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB utilizando un fermentador anaeróbico, con el fin de obtener un producto con características funcionales y valor agregado.

OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- ~ Adaptar un sistema de fermentación anaeróbica adecuado para el proceso de fermentación acética.
- ~ Determinar las condiciones óptimas de fermentación (pH, temperatura) para maximizar la producción de ácido acético.
- ~ Evaluar los parámetros fermentativos (pH, contenido de etanol, rendimiento.) durante el proceso.
- ~ Analizar la calidad del vinagre obtenido en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

La bellota es rica en agua, fibra, azúcares, generalmente la están comenzando a utilizar para el uso de subproductos ya que, en la mayoría de las zonas rurales se está desperdiciando de una manera exorbitante.

1.1. El plátano y sus subproductos

Menciona Cevallos, (2022), que en Ecuador se desaprovecha mucho el tema de los subproductos que aporta el plátano *Musa AAB*, por ejemplo; el raquis, el pseudotallo, entre otras partes de la planta de esta especie, en especial la bellota que no es muy conocida para la realización de vinagre. Estos subproductos afectan al medio ambiente, ya que, generalmente quedan regadas en el cultivo. Se indica que el pseudotallo en el verano los que están en el suelo, disponen y/o retienen humedad hasta llegar a descomponerse, esto logra que a medida que va creciendo la nueva planta hace que varíe la calidad y cantidad del resultado esperado.

Según (Lara, Vera, Cabanilla & Gonzalez, 2021), este desperdicio se da por el bajo conocimiento que nos pueden ofrecer estos subproductos y la poca importancia que se da a las nuevas tecnologías e investigaciones.

Macay et al (2023) señala que la zona donde se produce más plátano en Ecuador se sitúa en el área conocida como el "triángulo platanero", que incluye las provincias de Manabí, con 52. 612 hectáreas, Santo Domingo con 14. 249 hectáreas y Los Ríos, que cuenta con 13. 376 hectáreas. En estas provincias, se siembran sobre todo dos tipos de plátano: el plátano dominico, que se utiliza mayormente para el consumo interno, y el plátano barraganete, que se destina principalmente a la exportación, alcanzando un volumen cercano a las 90. 000 toneladas.

El plátano forma parte esencial de la familia *Musaceae* y es considerado un recurso abundante en diferentes nutrientes, especialmente en compuestos bioactivos. También se cultiva de manera extensiva en áreas tropicales y subtropicales, y se encuentra fácilmente disponible para múltiples usos, como en la alimentación y sus propiedades saludables. Aparte del banano, sus derivados, como la piel, los pseudotallos, las hojas y las flores, igualmente son fuentes ricas en varios nutrientes, tales como carbohidratos, proteínas, fibra dietética, vitaminas y más. Su ingesta también proporciona múltiples ventajas terapéuticas, sobre todo gracias a la

fibra dietética y los compuestos fenólicos (Kumari et al., 2023).

1.2. Aprovechamiento de la bellota

La bellota del plátano, que pertenece al grupo *Musa* AAB, es un recurso que no se está utilizando en su totalidad y que ofrece múltiples posibilidades de aprovechamiento. En varias áreas, se le considera un desecho de la cosecha de plátanos, no obstante, su valor nutricional y su potencial como materia prima son importantes. Posee compuestos bioactivos, como antioxidantes y vitaminas, que pueden resultar beneficiosos para la salud. Asimismo, su utilización puede favorecer la sostenibilidad en la agricultura, al disminuir el desperdicio y fomentar un uso completo de la planta (Macay et al., 2023).

Uno de los aspectos más destacados para usar la bellota del plátano es su inclusión en la dieta de los animales. Su alto contenido nutricional la hace un maravilloso añadido para el alimento del ganado, aves y diferentes tipos de animales. Al ser una buena fuente de energía y fibra, tiene el potencial de elevar la calidad de la nutrición y, por lo tanto, aumentar la producción de carne y leche. Esto no solo maximiza los recursos en las granjas, sino que también puede generar un ahorro considerable para los campesinos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024).

Además, la semilla del plátano tiene potencial para ser utilizada en la industria de los alimentos y en la creación de productos funcionales. Por ejemplo, es posible fabricar harinas, purés o bocadillos utilizando esta parte de la planta, capitalizando su sabor dulce y su consistencia. Estas innovaciones no solo amplían la variedad de productos alimenticios disponibles, sino que también generan nuevas oportunidades comerciales para los agricultores. La investigación y el avance en este sector pueden estimular un mayor interés en el aprovechamiento de la semilla, contribuyendo así a una economía más circular y sostenible (Macay et al., 2023).

1.3. Fermentación acética y doble fermentación: Fundamento científico

El uso de un fermentador anaeróbico en la primera fase (fermentación alcohólica) permite limitar la entrada de oxígeno, favoreciendo la producción de etanol por parte de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* (Hernández García, 2011)

La segunda fase, la fermentación acética, sí necesita aireación para el metabolismo de las bacterias acéticas. Investigaciones han demostrado que la oxigenación controlada mejora el rendimiento en acidez sin comprometer la estabilidad del medio (Cevallos Gema, 2022; Gonzalez (2015).

La producción de ácido acético a través de fermentación implica una reacción química que usualmente ocurre debido a la interacción de ciertos elementos. Es importante resaltar que los microorganismos responsables de este proceso necesitan de manera indispensable la presencia de oxígeno para llevarlo a cabo. Estas bacterias, que son del grupo principal de *Acetobacter*, contribuyen en el mismo procedimiento, transformando el alcohol etílico mediante oxidación y generando como resultado final ácido acético (CH_3COOH) y agua (H_2O) (Córdova et al., 2022).

La fermentación es un procedimiento químico que ocurre sin requerir oxígeno y que genera una materia orgánica. Este método transforma moléculas complejas en estructuras más sencillas y produce energía química en forma de ATP. El proceso fermentativo comienza con la descomposición de la glucosa a través de un proceso denominado glucólisis, que resulta en la formación de ácido pirúvico. En ausencia de oxígeno, la fermentación usa una materia orgánica para convertir NADH en NAD^+ , lo cual produce finalmente una sustancia que proviene del sustrato inicial que ha sido oxidado. Existen diversas clases de fermentación basadas en el producto final que se obtiene (Dalmau, 2024).

Por consiguiente, Dalmau (2024) la fermentación es un fenómeno natural que sucede cuando ciertos tipos de bacterias o levaduras convierten los azúcares presentes en los alimentos sin requerir oxígeno. Este proceso genera sustancias útiles como vitaminas y ácidos orgánicos, además de poder intensificar el sabor y la textura de los alimentos. También, los alimentos que han pasado por fermentación son más fáciles de digerir en comparación con los originales, lo que ayuda a la digestión y a la asimilación de nutrientes.

1.4. Uso de plátano *Musa AAB* como sustrato fermentable

El plátano *Musa AAB* es ampliamente cultivado en zonas tropicales de Ecuador y América Latina. Sus bellotas (frutos pequeños que no cumplen estándares comerciales) contienen una elevada proporción de almidón y azúcares fermentables, lo que los convierte en materia prima apta para procesos biotecnológicos como la fermentación (Barrera et al., 2010). En particular, la bellota es poco aprovechada, por lo que su transformación representa una oportunidad de innovación en la agroindustria local.

Por otro lado, Macay Anchundia et al., (2023) destacan el valor del plátano AAB en algunos procesos, demostrando que esta variedad puede utilizarse integralmente en procesos de transformación industrial, lo que apoya su uso como materia base en productos de valor agregado como vinagre.

Además, transformar el plátano *Musa AAB* en un material apto para la fermentación no solo ofrece ventajas económicas, sino que también ayuda al cuidado del medio ambiente. Al

aprovechar restos agrícolas que normalmente se tirarían, se disminuye la cantidad de residuos orgánicos en los vertederos y se reduce la huella ambiental. Esta acción se integra en un modelo de economía circular, donde los recursos se reciclan y se utilizan de manera óptima, promoviendo un manejo más consciente y eficaz de los recursos naturales.

Por otro lado, la utilización del plátano como materia fermentable puede crear nuevas posibilidades en la fabricación de alimentos funcionales y probióticos. Durante la fermentación, se pueden producir compuestos bioactivos que favorecen la salud intestinal y brindan aportes nutricionales. Esto no solo amplía la variedad de productos alimenticios disponibles, sino que también puede jugar un papel importante en la salud pública al ofrecer opciones más saludables y sostenibles para los consumidores. La investigación en este campo continúa progresando, lo que promete innovaciones que podrían cambiar nuestra manera de utilizar el plátano *Musa AAB* y sus derivados (Córdova et al., 2022).

1.5. Diseños experimentales previos y control de variables

Los estudios más recientes han adoptado diseños experimentales factoriales para estudiar cómo variables como el tiempo de fermentación, el tipo de microorganismo, la concentración inicial de azúcares y la oxigenación afectan la eficiencia del proceso.

Estos antecedentes metodológicos ofrecen un marco útil para diseñar tu experimento, permitiendo adaptar procedimientos a las condiciones locales, como el uso de fermentadores caseros o semicontrolados (Macay et al., 2023).

El manejo de las variables es fundamental para asegurar la validez y la reproducibilidad de los hallazgos. En los estudios relacionados con la fermentación del plátano, es vital mantener constantes factores como la temperatura y el pH, ya que pequeñas modificaciones pueden influir de manera notable en la actividad de los microorganismos y, por lo tanto, en la generación de bioetanol u otros metabolitos. Asimismo, es necesario tener en cuenta variables externas como la calidad del material utilizado y la posible presencia de contaminantes, que podrían alterar el proceso de fermentación. También es importante implementar réplicas y controles apropiados para reducir errores y garantizar que los resultados obtenidos sean representativos (Araya, 2008).

1.6. Aspectos químicos y sensoriales del vinagre de plátano

El contenido de azúcares reductores y °Brix del plátano *Musa AAB* en estado maduro favorece la fermentación alcohólica. Según Barreras et al. (2010), los valores de °Brix pueden oscilar entre 18 y 22 en madurez fisiológica, suficientes para obtener etanol mediante fermentación con levaduras. La posterior conversión en ácido acético permite obtener un vinagre con acidez titulable del 4 % al 7 %, de acuerdo con lo reportado por Hernández García (2011).

1.7. Sostenibilidad y economía circular

La reutilización de frutas no comercializables y subproductos agroindustriales representa una estrategia clave en la economía circular. Según Cevallos (2022), transformar la bellota de *Musa* AAB en vinagre no solo reduce el desperdicio, sino que genera una oportunidad de emprendimiento en comunidades rurales.

González (2015) también destacó la viabilidad del proceso a nivel microindustrial, proponiendo que el vinagre artesanal puede posicionarse como producto de valor en mercados locales, especialmente si se enfatiza su carácter natural, orgánico o funcional.

1.8. Kefir

El kéfir de agua es generalmente un grupo microbiano, donde su estructura está compuesta por exopolisacárida, allí habitan en asociación entre diversos microorganismos (bacterias acéticas, levaduras, entre otras), usadas en la realización o elaboración de bebidas alcohólicas, desinfectantes, entre otros productos. (Darwin & Sena)

Como menciona, Ministerio de Ciencia e Innovación y Universidades (2025) El kéfir es una bebida ancestral hecha a partir de la fermentación de la leche, que utiliza una mezcla de bacterias y levaduras. A diferencia del yogur, que se fermenta únicamente con bacterias, el kéfir cuenta con una variedad microbiana mucho más amplia. Esto es respaldado por una investigación del IATA-CSIC, que detectó una gran diversidad en la composición microbiana, tanto bacteriana como fúngica, de los diferentes kéfirs estudiados. En la mayoría de los casos, se encontraron bacterias como *Lactococcus lactis* y *Streptococcus thermophilus*, que son comunes en la fermentación láctea y tienen efectos positivos sobre la salud del intestino.

El kéfir potencia las defensas del organismo, dado que posee nutrientes como la biotina y los folatos, los cuales protegen las células del cuerpo. Asimismo, el kéfir está lleno de probióticos, que son bacterias como *Lactobacillus Kefiri*, las cuales favorecen la lucha contra y la reducción del crecimiento de bacterias perjudiciales que pueden causar enfermedades, como *Salmonella* y *E. Coli*. Por otro lado, el kéfir contiene un polisacárido denominado kefiran, que tiene características antimicrobianas, ayudando así a combatir la *Candida albicans*, un hongo capaz de infectar ciertas áreas del cuerpo (Leal, 2025).

1.9. Kombucha

El kéfir potencia las defensas del organismo, dado que posee nutrientes como la biotina y los folatos, los cuales protegen las células del cuerpo. Asimismo, el kéfir está lleno de probióticos, que son bacterias como *Lactobacillus Kefiri*, las cuales favorecen la lucha contra y la reducción del crecimiento de bacterias perjudiciales que pueden causar enfermedades, como *Salmonella* y *E. Coli*. Por otro lado, el kéfir contiene un polisacárido denominado kefiran, que tiene características antimicrobianas, ayudando así a combatir la *Candida albicans*, un

hongo capaz de infectar ciertas áreas del cuerpo (García & Montaña, 2024).

El scoby representa la comunidad de microorganismos principal de la kombucha, que se entiende como un cultivo simbiótico de levaduras y bacterias lácticas. El término simbiótico implica que estas entidades se apoyan mutuamente para conseguir nutrientes, algo parecido a lo que sucede con las bacterias que producen yogur. En este grupo de microorganismos activos encontramos diversas bacterias como *Acetobacter pasteurianus*, *A. acetis*, *A. xylinum*, *Glucanobacter oxydans*, entre otras, y también levaduras como *Saccharomyces* sp, *Zygosaccharomyces kombuchaensis*, *Torulopsis* sp, y *Komagataeibacter xylinus*, entre muchas más, que convierten el azúcar presente en la infusión de té en ácidos orgánicos y dióxido de carbono (Escalante & Ponce, 2024).

La kombucha es una bebida que posee elementos nutritivos como antioxidantes y otros que ayudan a eliminar toxinas. Estos elementos colaboran para ofrecer ventajas para la salud y defender contra afecciones del corazón al disminuir la oxidación del colesterol LDL, regular el colesterol y evitar la hipertensión. Asimismo, los componentes presentes ayudan en la desintoxicación del hígado y optimizan su funcionamiento. Es importante mencionar que la cantidad de los ingredientes activos de la bebida puede variar según el scoby y la técnica de preparación utilizada (García & Montaña, 2024).

1.10. Levadura

Como menciona Lesaffre, (2025) la levadura es un organismo unicelular, relacionado con los hongos, que no se puede ver a simple vista y ha existido en la Tierra durante millones de años. Debido a que se necesita un microscopio para examinarla, la levadura forma parte del extenso mundo de los microorganismos, que incluye a las bacterias, protozoos, algas y otros hongos. La microbiología es la rama de la ciencia que investiga a los seres microscópicos, abarcando tanto su biología, estructura, metabolismo y genética, como sus interacciones con el entorno que los rodea.

Es un tipo de hongo que se emplea en la elaboración de pan, masa para pizza y otros artículos horneados, pero no se limita a ser un hongo. Las levaduras son en realidad un grupo de hongos que se pueden hallar en diversas partes del planeta. Las que se utilizan en la elaboración de productos de repostería pertenecen a la especie *Saccharomyces cerevisiae*. La levadura está compuesta por aproximadamente 100 billones de células y ha sido utilizada durante miles de años para fermentar panes y otros productos horneados. Se compone de organismos unicelulares denominados células de levadura. Estas células son hongos que se desarrollan en plantas, frutas y granos (Ifema Madrid, 2025).

1.11. Vinagre

Como lo menciona Rivera, (2011), desde años atrás el vinagre se ha caracterizado por ser un producto de gran utilidad en parte de la cocina y al mismo tiempo para otros campos. Últimamente este producto se ha estado produciendo de forma segura para darle un valor significativo de acorde a las necesidades que se van presentando en el día a día.

Cabe recalcar que este proceso se realiza mediante el proceso de fermentación alcohólica para luego dar con la fermentación acética, en este caso mediante la levadura de la variedad *Saccharomyces*.

El vinagre ha sido empleado en la gastronomía durante milenios y es uno de los productos fermentados más antiguos en la historia humana, datando de aproximadamente 2000 años antes de Cristo, según la publicación científica ScienceDirect. El término vinagre proviene del francés *vin aigre*, que significa “vino agrio”. Según el portal The Nutrition Source de la Universidad de Harvard, la historia que narra su descubrimiento menciona que al dejar un vino olvidado en almacenamiento por varios meses, este fermentó, generando un producto que es tanto agrio como ácido (National Geographic, 2025).

Como señala, Lemos (2023) el vinagre es un artefacto que surge de la fermentación de origen alcohólico y acético de diversas materias primas que posean buenas cantidades de azúcares, incluyendo frutas, miel y hasta vinos. Es un líquido con un sabor ácido y sin color. Se pueden incorporar elementos extra al vinagre, y la naturaleza y la cantidad precisa de estos son aspectos cruciales que lo diferencian como producto. Cualquier mezcla con azúcar fermentable o que contenga azúcar tiene el potencial de convertirse en vinagre.

CAPITULO II

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Gonzalez (2015), utilizó un microescalado de vinagre con residuos de *Musa paradisiaca*, aplicando dos niveles de oxigenación y dos tipos de levadura, logrando productos con buena estabilidad y actividad bactericida. Por su parte, Huilcapi y Lema, (2024) aplicaron un diseño con tres etapas: maduración del plátano, fermentación alcohólica y fermentación acética. Evaluaron las propiedades físico-químicas del vinagre producido y su aceptación sensorial, obteniendo puntuaciones favorables.

Estudios como el de Cevallos Gema, (2022) evidencian que se puede producir vinagre de buena calidad a partir de plátano *Musa AAB*, empleando fermentaciones silvestres o asistidas con kombucha. Además, se ha logrado cumplir parámetros establecidos por normativas ecuatorianas en cuanto a acidez, pH y contenido de etanol.

Según, Cuesta & Muñoz (2024) en su investigación titulada, “Obtención de vinagre a través de la fermentación con base en el Orito (*Musa Acuminata*. AA) en sus diferentes etapas de maduración y su aplicación gastronómica” tiene como objetivo principal la obtención de vinagre a partir del Orito (*Musa Acuminata*. AA), por lo cual se experimentará con la fermentación en distintas etapas de maduración de este fruto, se pondrá a prueba el mismo tiempo de fermentación acética y alcohólica de forma controlada, garantizando la calidad e inocuidad del resultado final, del mismo modo se pondrán los vinagres en las mismas condiciones ambientales, para que este factor no interfiera en el resultado final. Los estados de maduración seleccionados son: verde, óptimo y maduro. Mediante la experimentación se busca extraer distintos vinagres a partir de la fermentación del fruto. Por lo tanto, se hará una prueba con tiras de pH, indicando el grado de acidez del mismo, paralelamente se elaborarán distintas preparaciones para comparar el resultado final de los vinagres, con el fin de determinar si el producto es óptimo para el consumo, demostrando que se puede lograr un producto natural, saludable y nutritivo.

De acuerdo con, Cevallos (2022) en su investigación titulada, “Obtención de ácido acético a partir de plátano (*Musa AAB*), El Carmen, Manabí” los ácidos orgánicos juegan un rol importante ya que junto con los azúcares son los principales componentes solubles de los frutos maduros y tienen un efecto muy importante sobre el sabor, siendo este uno de los principales índices de maduración que determina la fecha de cosecha de los frutos para múltiples fines, en esta investigación determinó el índice de madurez de cada variedad para proceder en la obtención del ácido acético. Se realizó una comparación de rendimiento del ácido acético en el plátano barraganete *Musa AAB* con cultivares como Dominico, Orito y

Banano, mismos que se sometieron a determinar la prevalencia de microorganismos. Esto permitió el análisis estadístico DBCA con arreglo factorial AxB siendo el factor A los cultivares de Musáceas y el factor B los microorganismos de los cultivos silvestre y kombucha los resultados obtenidos se realizaron según la Norma Técnica Ecuatoriana 2296 para la evaluación del vinagre.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA 2296 PARA LA EVALUACIÓN DEL VINAGRE

Figura 1. *Requisitos establecidos por la Normativa NTE INEN 2296 para el vinagre*

Requisito	Mín.	Máx.
Acidez total, (como ácido acético), %	4	6
Acidez fija, (como ácido acético), %	--	0,3
Acidez volátil, (como ácido acético), %	3,7	--
Alcohol etílico a 20 °C, %	--	1,0
pH a 20 °C	2,3	2,8
Número de oxidación con permanganato	3	--
Cenizas totales, en vinagres diferentes a los de alcohol, g/l	1	5
Extracto seco, g/l	1,2	
Metanol, g/l		0,5
% expresado como fracción de masa		

Fuente: NTE INEN 2296:2013

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

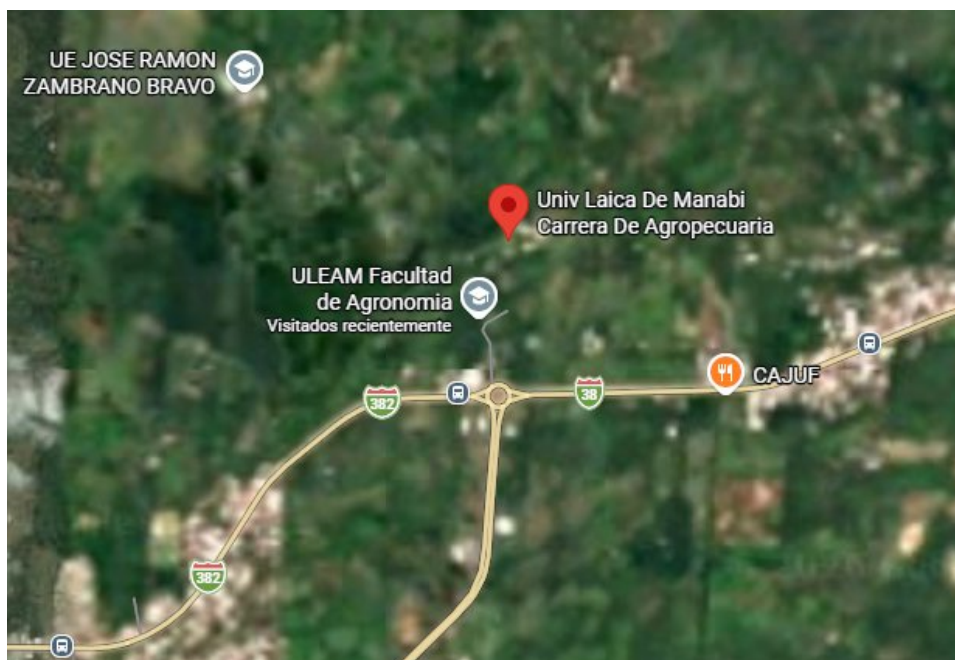
3.1 Localización de la unidad experimental

La investigación se llevó a cabo en la granja experimental “Rio Suma”, en la planta de procesos de alimentos, que pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí extensión en El Carmen.

Metodología

La ejecución de este proyecto se llevó a cabo en la Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí, extensión en El Carmen, en la granja experimental rio suma en el área de planta de procesamiento. El presente estudio tiene como objetivo diseñar y seleccionar el equipo adecuado para la fermentación de la bellota del plátano *Musa* AAB a través de un fermentador anaeróbico.

Figura 2. *Ubicación Granja Experimental – ULEAM, El Carmen*



Nota: Imagen tomada de Goggle Maps, 2026(PHQC+5P7, El Carmen)

3.2 Caracterización agroecológica de la zona

Tabla 1. *Características meteorológicas presentadas en el ensayo.*

Características	El Carmen
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año $^{-1}$)	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	2 806
Altitud (msnm)	260

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI. (2018).

3.3 Variables

3.4 Variables independientes

Variable	Explicación
Tipo de microorganismo	Si se usa levadura comercial, kombucha, kéfir, Mixto

3.5 Variables dependientes.

Variable	Explicación
Cantidad de ácido acético	Cuánto vinagre se formó (en %). Entre más, mejor.
pH final	Qué tan ácido quedó el vinagre.
Grados Brix finales	Cuánta azúcar queda al final (debe bajar si la fermentación fue buena).
Color del vinagre	Si es claro, turbio o tiene sedimentos (apariencia general).

3.5.1 Métodos

Los enfoques aplicados en esta investigación se enfocaron en la fermentación acética de las bellotas del plátano *Musa* AAB, utilizando un esquema experimental que abarcó la caracterización fisicoquímica del material y la prueba de diversas condiciones de fermentación. Se llevaron a cabo ensayos de fermentación en un sistema anaeróbico, supervisando aspectos como la temperatura, el pH y la duración de la fermentación. Asimismo, se usaron distintas

cepas de microorganismos, entre las que se incluyeron levaduras y bacterias acéticas, para evaluar su influencia en la generación de ácido acético y en la calidad del vinagre resultante.

3.5.2 Frecuencia

La periodicidad de las mediciones y análisis durante el proceso de fermentación fue fundamental para valorar el desarrollo de los parámetros fermentativos. Se llevaron a cabo monitoreos regulares cada 7 días, midiendo variables como el pH, la acidez, el nivel de etanol y los grados Brix. Esta estrategia permitió un monitoreo minucioso del proceso, favoreciendo la detección de las condiciones ideales para optimizar la producción de vinagre y garantizar la estabilidad del producto final

3.6 Unidad Experimental

La unidad experimental consistió en parcelas de fermentación bajo condiciones controladas, en las que se implementaron distintos tratamientos empleando la bellota de plátano *Musa* AAB. Cada tratamiento se repitió en diversas unidades experimentales para asegurar la validez de los resultados. Se emplearon recipientes de vidrio con la capacidad adecuada para la fermentación, dotados de válvulas para la liberación de CO₂, y se conservaron en un entorno controlado, lo que facilitó la evaluación precisa del impacto de las variables elegidas en la producción de ácido acético.

3.7 Tratamientos

Tabla 2. Tratamiento del estudio

Tratamiento	Inóculo microbiano	Detalle	Número de repeticiones
T1	Kéfir	Aportan variedad de bacterias/levaduras que pueden mejorar la complejidad aromática y ayuda a acidificar de una mejor manera.	3
T2	Kombucha	Contiene un consorcio de levaduras y bacterias, incluidas bacterias acéticas y otras oxidativas, por lo que puede realizar	3

Tratamiento	Inóculo microbiano	Detalle	Número de repeticiones
		tanto fermentación alcohólica leve como oxidación de etanol a ácido acético.	
T3	Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i> .)	Produce etanol de forma rápida y predecible; ideal si quieres una etapa alcohólica controlada y máxima conversión de azúcares en etanol antes de la acetificación	3
T4	Mixto	Aprovechamiento de los sustratos.	3

3.7.1. Kefir

Materiales y reactivos:

- Sustrato de Bellota 1000 gramos
- Granos de kéfir de agua activos.
- Levadura seca *Saccharomyces cerevisiae* (panadería).
- Agua potable,
- 250 gramos de azúcar
- Frascos de vidrio (350ml – 500ml), tapa con salida de CO₂
- Lienzo.
- Medidor de pH,
- Balanza.
- Medidor de Grados Brix
- Botellas

Procedimiento (resumen):

1. Preparar extracto de bellota (cortar de 1cm – 2cm)
2. Medir °Brix y ajustar a 12–16 °Brix con azúcar disuelta.
3. Hervir a 80 °C
4. Enfriar.
5. Fermentación alcohólica: implementar levadura a 5gm.

6. Sellar y colocar las válvulas para la salida de CO₂.
7. Fermentación 25–30 °C hasta que el °Brix deje de bajar.
8. Etapa acética: transferir líquido a recipientes con buena superficie de contacto/aireación con el respectivo lienzo.
9. Monitorizar acidez, hasta alcanzar acidez deseada.
10. Destilar 500ml de solución líquida.

3.7.2. Kombucha

Materiales y reactivos:

- Sustrato de Bellota 1000 gramos
- Kombucha activa
- Levadura seca *Saccharomyces cerevisiae* (panadería).
- Agua potable,
- 250 gramos de azúcar
- Frascos de vidrio (350ml – 500ml), tapa con salida de CO₂
- Lienzo.
- Medidor de pH,
- Balanza.
- Medidor de Grados Brix
- Botellas

Procedimiento (resumen):

1. Preparar extracto de bellota (cortar de 1 cm – 2 cm)
2. Medir °Brix y ajustar a 12–16 °Brix con azúcar disuelta.
3. Hervir a 80 °C
4. Enfriar.
5. Fermentación alcohólica: implementar levadura a 5 gm.
6. Sellar y colocar las válvulas para la salida de CO₂.
7. Fermentar 25–30 °C hasta que el °Brix deje de bajar.
8. Etapa acética: transferir líquido a recipientes con buena superficie de contacto/aireación con el respectivo lienzo.
9. Monitorizar acidez hasta alcanzar acidez deseada.

10. Destilar 500ml de solución líquida.

3.7.3. Levadura

- Sustrato de Bellota 1000 gramos
- Levadura seca *Saccharomyces cerevisiae* (panadería).
- Agua potable,
- 250 gramos de azúcar
- Frascos de vidrio (350ml – 500ml), tapa con salida de CO₂
- Lienzo.
- Medidor de pH,
- Balanza.
- Medidor de Grados Brix
- Botellas

Procedimiento (resumen):

1. Preparar extracto de bellota (cortar de 1cm – 2cm)
2. Medir °Brix y ajustar a 12–16 °Brix con azúcar disuelta.
3. Hervir a 80 °C
4. Enfriar.
5. Fermentación alcohólica: implementar levadura a 5gm.
6. Sellar y colocar las válvulas para la salida de CO₂.
7. Fermentar 25–30 °C hasta que el °Brix deje de bajar.
8. Etapa acética: transferir líquido a recipientes con buena superficie de contacto/aireación con el respectivo lienzo.
9. Monitorizar acidez, hasta alcanzar acidez deseada.
10. Destilar 500ml de solución líquida.

3.7.4. Mixto (Levadura + Kefir +Kombucha)

Combina las ventajas: la levadura (*Saccharomyces*) asegura rápida y alta producción de etanol; kéfir aporta bacterias que mejoran la acidificación primaria; kombucha aporta bacterias acéticas y otras bacterias oxidativas que facilitan la etapa de acetificación y acelerarán la producción de ácido acético.

Procedimiento (resumen):

1. Preparar extracto de bellota (cortar de 1cm – 2cm)
2. Medir °Brix y ajustar a 12–16 °Brix con azúcar disuelta.
3. Hervir a 80 °C
4. Enfriar.
5. Fermentación alcohólica: implementar levadura a 5gm.
6. Sellar y colocar las válvulas para la salida de CO₂.
7. Fermentar 25–30 °C hasta que el °Brix deje de bajar.
8. Etapa acética: transferir líquido a recipientes con buena superficie de contacto/aireación con el respectivo lienzo.
9. Monitorizar acidez, hasta alcanzar acidez deseada.
10. Destilar 500ml de solución líquida.

3.8 Análisis Estadístico

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño DCA, para evaluar el efecto de 4 tratamientos (T1, T2, T3, T4) sobre la variable dependiente. Se utilizaron 3 repeticiones por tratamiento, para un total de 12 unidades experimentales, las cuales fueron distribuidas de forma aleatoria para eliminar sesgos ambientales.

Tipo de Diseño: Diseño Completamente al Azar

Factores:

1. **Temperatura de fermentación** (21-30 °C)
2. **Fuente de Acetobacter** (*Kefir*; *Kombucha*; *Levadura*)

Total de tratamientos: 4 tratamientos * 3 repeticiones = 12 tratamientos

Variables dependientes (a medir):

- % de ácido acético
- pH final
- Grados Brix final
- Alcohol

3.9 Instrumentos de medición

3.9.1 Materiales y equipos de campo

- ❖ Agua potable
- ❖ Levadura
- ❖ Kefir
- ❖ Gas
- ❖ Kombucha
- ❖ Válvulas
- ❖ Azúcar
- ❖ Producto (Bellota)
- ❖ Botellas de agua 1litro
- ❖ Probeta
- ❖ Olla
- ❖ Recipientes de 5 litros

3.9.2 Materiales de oficina y muestreo

- ❖ Infostat
- ❖ Fermentador
- ❖ Destilador

3.9.3 Manejo del ensayo

a. Extracción de la materia prima

Se realizó la recolección de la bellota del plátano (*Musa* AAB) dentro de la Granja Experimental – ULEAM, Extensión El Carmen, donde se almacenó directamente en el laboratorio de alimentos, para una posterior selección y limpieza de la misma.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

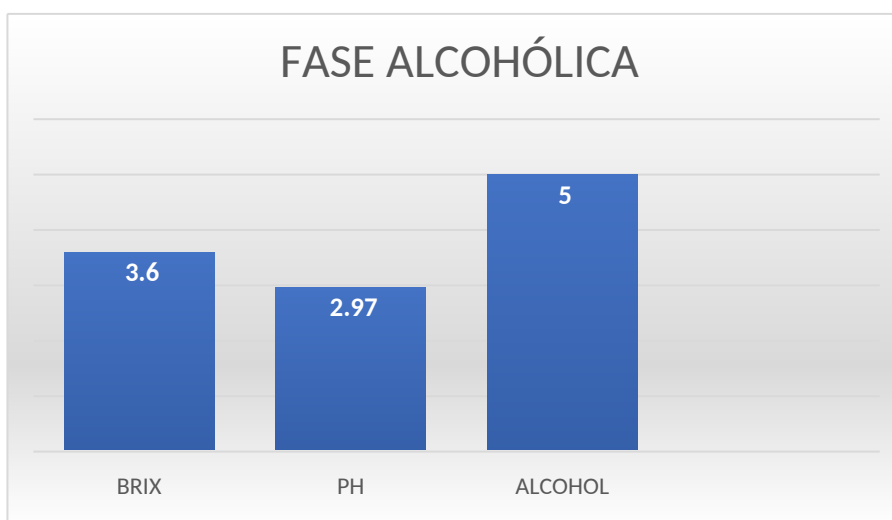
4.1 Fase alcohólica

4.1.1 Comportamiento de los sólidos solubles (pH, °Brix, contenido alcohólico) de la bellota del plátano *Musa AAB*.

En el proceso de la fase alcohólica del proceso fermentativo se descubrió una disminución del contenido de los sólidos solubles, el cual registró un promedio de 3,60 °Brix, lo que indicó un consumo significativo de azúcares fermentables por la actividad metabólica de las levaduras y en casos del sustrato.

El pH promedio fue de 2,97 lo cual reflejó una acidificación algo significativa, en conjunto con la formación de metabolitos secundarios durante la fermentación. En cuanto al contenido de alcohol, se alcanzó a observar un promedio de 5%, lo que evidenció una suficiente conversión de azúcares en etanol.

Tabla 3. Datos de la fase alcohólica de la bellota del plátano Musa AAB.



Nota: Los datos corresponden a un promedio de todos los datos recogidos en las muestras.

Según la normativa (NTE INEN 2296) los resultados obtenidos en la primera fase sobre el promedio del pH nos podemos fijar que está sugiriendo una alta presencia de ácidos orgánicos propios de la bellota, los cuales, como el ácido etílico, constituyen una base sólida para la

transición a fase acética, también se puede observar que la relación alcohol – azúcar es óptima para evitar paradas fermentativas.

El haber bajado los °Brix iniciales hasta 3,6 indica que las levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) consumieron casi la totalidad de los azúcares fermentables.

El resultado de 5% de alcohol es moderado y técnico. Aunque para la norma INEN 2296, para vinagres pide que al final quede poco de alcohol, en esta fase, tener esa cantidad es ideal porque asegura que habrá suficiente “combustible” para que, en la siguiente fase, las bacterias acéticas lo conviertan en ácido acético más fuerte.

El pH de 2,96 obtenido en la fase alcohólica de la bellota del plátano actúa como un filtro microbiológico natural. Este nivel de acidez proviene la contaminación por bacterias lácticas u otros patógenos, aunque podría estresar ligeramente a la levadura si no está aclimatada.

4.2 Fase acética

4.2.1 Contenido de sólidos solubles (°Brix) durante la fase acética

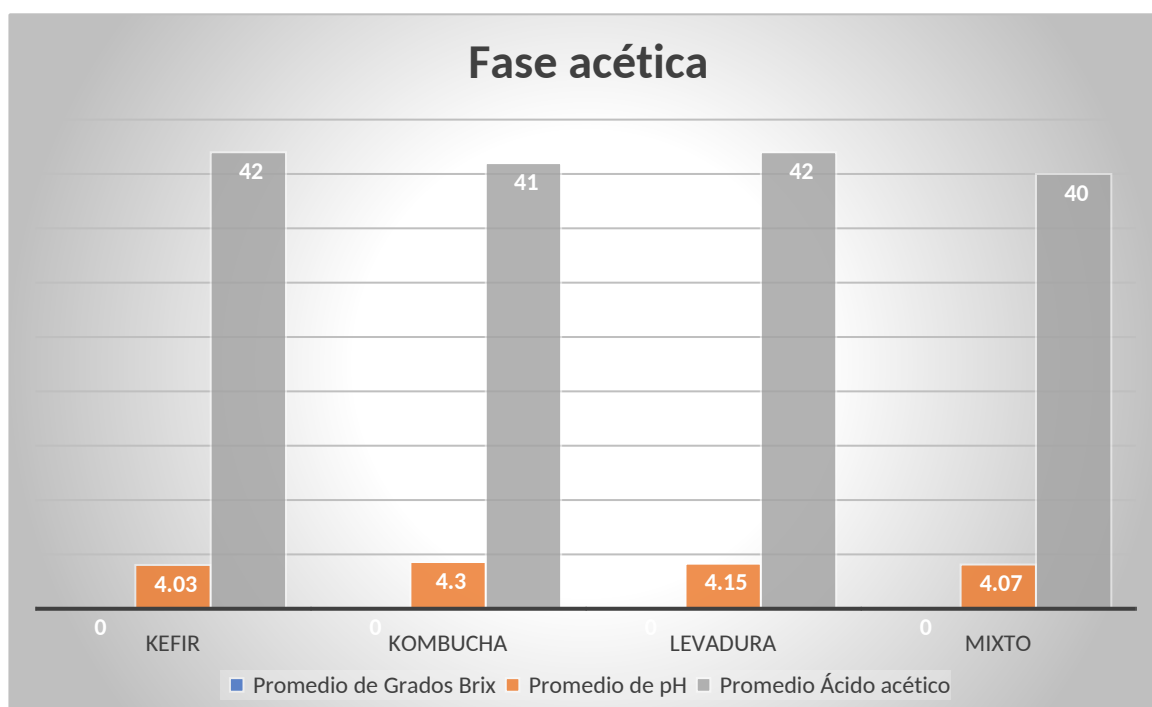
Todos los tratamientos finalizaron en 0°Brix, indicando un consumo total de los azúcares remanentes de la fase alcohólica.

El pH se estabilizó en un rango de 4.03 – 4.15

4.2.2 Interpretación

En un vinagre comercial, el pH suele ser más bajo (entre 2.5 y 3.5). Un pH por encima de 4.0 sugiere que, aunque hubo fermentación, la concentración de ácido acético es baja o que los ácidos orgánicos presentes están altamente tamponados por los minerales de la bellota.

Tabla 4. Datos de la fase acética de la bellota del plátano Musa AAB.



Nota: Los promedios son en porcentaje (%).

El hecho que la conversión ronde el 40% – 42% indica que menos de la mitad del alcohol disponible se transformó exitosamente en ácido acético. Esto explica por qué el pH no bajó de 4.0.

Es notable que el Kefir y la Levadura hayan tenido un 42% de conversión. Sin embargo, al ser consorcios complejos:

Kefir/Kombucha: Estos microorganismos no solo producen ácido acético sino también ácido glucónico, láctico y levaduras que pueden estar consumiendo el alcohol para otros procesos metabólicos, compitiendo con las bacterias acéticas puras.

Grados Brix en 0: Es un indicador excelente de que el sistema microbiano es muy voraz. No queda azúcar residual, lo que garantiza que el producto no se volverá a fermentar en la botella, cumpliendo con la estabilidad que busca la norma.

4.3 Rendimiento

Los resultados obtenidos, luego de una destilación utilizando un serpentín vertical, un matraz de 1000ml (utilizando el 50%) evidenciaron diferencias muy bajas entre sí, siendo la bellota un producto sólido.

Tabla 5. Datos de conversión a ácido acético.

Tratamiento	Volumen	Rendimiento
	destilado (mL/500mL)	(%)
Tratamiento 1 (Kéfir)	210	42
Tratamiento 2 (Levadura)	210	42
Tratamiento 3 (Kombucha)	205	41
Tratamiento 4 (Mixto)	200	40

4.4 Análisis de costos por tratamiento

El análisis económico justificó significativamente diferencias en el costo total, ya. El T1 (Kefir) presentó el menor costo, siendo este mismo inóculo uno de menor valor. El T2 (Kombucha) y el T3 (Levadura) mostraron costos intermedios, influenciados principalmente por el tipo de inoculante que se utilizó. En uno de los costos más elevados tenemos al T4, ya que, si bien sabemos, era el mixto, es decir, teníamos que adquirir los 3 inoculantes, para poder llevar a cabo este tratamiento.

Tabla 6. Datos de conversión a ácido acético.

Insumo / Costo (USD)	T1 Kéfir	T2 Levadura	T3 Kombucha	T4 Mixto
Levadura	0,60	0,60	0,60	0,60
Azúcar	1,20	1,20	1,20	1,20
Sustrato	0,50	0,50	0,50	0,50

Insumo / Costo (USD)	T1 Kéfir	T2 Levadura	T3 Kombucha	T4 Mixto
Kéfir / Búlgaros	0,50	—	—	0,50
Kombucha	—	—	2,00	3,10
Gas	1,00	1,00	1,00	1,00
Transporte	2,00	2,00	2,00	2,00
Lienzo (tela)	3,00	3,00	3,00	3,00
Ligas	0,50	0,50	0,50	0,50
Costo total (USD)	9,30	9,90	10,60	11,80

CAPITULO V.

5.1. CONCLUSIONES

Se llega a la conclusión de que la fermentación acética de la bellota del plátano *Musa* AAB es una forma efectiva para aprovechar los residuos agrícolas en El Carmen, Manabí. Esta investigación ha mostrado que se puede convertir un subproducto que normalmente se desecha en un artículo con valor, como el vinagre, utilizando fermentadores anaeróbicos de fabricación casera. Los hallazgos indican que aplicar este método no solo ayuda a disminuir los desechos orgánicos, sino que también impulsa prácticas sostenibles que favorecen al entorno y a la economía local.

Así mismo, el análisis fisicoquímico y microbiológico de la bellota ha puesto su capacidad como un sustrato adecuado para la fermentación, dado su adecuado contenido de azúcares que facilita la producción de ácido acético. Las condiciones óptimas de fermentación determinadas en esta investigación, tales como el pH y la temperatura, fueron cruciales para maximizar la fabricación de vinagre. Esto indica que, con el manejo apropiado y el control de las variables, se pueden obtener productos fermentados de alta calidad que cumplen con las normas requeridas, abriendo así nuevas posibilidades en el mercado de productos naturales y orgánicos.

La investigación subraya la relevancia de la economía circular en el sector agroindustrial, mostrando que el uso de la bellota del plátano no solo ayuda a disminuir el desperdicio, sino que también impulsa la variedad de ingresos para los productores locales. Al producir biogás y fertilizantes a partir de los residuos de la fermentación, se completa el ciclo productivo, aumentando la rentabilidad de las fincas y apoyando un avance sostenible en la comunidad. Este enfoque holístico no solo favorece a los agricultores, sino que también incentiva un cambio hacia métodos más responsables y amigables con el medio ambiente.

CAPITULO VI.

6.1. RECOMENDACIONES

- Se aconseja desarrollar programas de formación para los agricultores de El Carmen respecto al uso de la bellota del plátano *Musa* AAB en la fermentación. Esto incluiría sesiones prácticas sobre el funcionamiento de fermentadores anaeróbicos, el control de los parámetros de fermentación y métodos para elaborar vinagre. La capacitación ayudará a los agricultores a aprovechar mejor sus recursos y ampliar sus fuentes de ingreso.
- Es recomendable crear proyectos experimentales que incorporen la fermentación acética dentro de las costumbres agrícolas de la región. Dichos proyectos podrían actuar como ejemplos a seguir, demostrando tanto la viabilidad económica como la sostenibilidad ambiental del uso de la bellota como material para la fermentación. Adicionalmente, se podrían llevar a cabo estudios de caso para analizar el impacto social y económico en las comunidades participantes.
- Se propone proseguir con la investigación para perfeccionar el proceso de fermentación, indagando en distintas cepas de microorganismos y en diversas condiciones de fermentación que podrían incrementar la producción de ácido acético y la calidad del vinagre. Trabajar en conjunto con universidades y centros de investigación podría facilitar el acceso a nuevas tecnologías y enfoques que beneficien a los agricultores.
- Se debe promover la implementación de métodos de economía circular en la agroindustria de la región. Esto abarca no solo la fermentación de la bellota, sino también la utilización de subproductos para producir fertilizantes orgánicos y biogás. Impulsar un enfoque integral en la administración de recursos contribuirá a disminuir el desperdicio y a aumentar la sostenibilidad de las fincas, beneficiando tanto al entorno como a la economía de la localidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5 Referencias

- Alcalde, T. (2021). *OBTENCIÓN INNOVADA DE SIDRA DE MANZANA CAÑA (Malus doméstica. Granny Smith de color verde luminoso) POR FERMENTACIÓN ALCOHOLICA (Saccharomyces cerevisiae), EN REACTORES BREWMART A NIVEL PILOTO PARA UNIDADES FAMILIARES*. Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica.
- Araya, J. (2008). *AGROCADENA DE PLATANO CARACTERIZACION DE LA AGROCADENA*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00082.pdf>
- Aristizábal, M. (2008). *Evaluación del crecimiento y desarrollo foliar del plátano Hondureño Enano (Musa AAB) en una region cafetera colombiana*. Colombia: Revista Agronómica,
https://www.researchgate.net/publication/221935739_Evaluacion_del_crecimiento_y_desarrollo_foliar_del_platano_Hondureno_Enano_en_una_region_cafetera_colombian
- Barrera., L. C. (2012). *Nutricion Mineral. Tema de estudio, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biologia Bogota*. Colombia:
http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/14/07_Cap05.pdf.
- Cevallos, G. J. (2022). *Obtención de ácido acético a partir de plátano (Musa AAB), El Carmen, Manabí*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Córdova, M. J., Solórzano, J. M., Moreira, C. A., & Latorre, G. B. (2022). CINÉTICA DE FERMENTACIÓN ACÉTICA UTILIZANDO ACETOBACTER ACETI COMO AGENTE BIOLÓGICO . *Revista Científica “INGENIAR”: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 5(10), 81-94. <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10.0064>
- Costa, C. C. (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*(35), 18.
https://doi.org/scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-90752022000100001&script=sci_arttext
- Cuesta, J. E., & Muñoz, S. M. (2024). *Obtención de vinagre a través de la fermentación con base en el Orito (Musa Acuminata. AA) en sus diferentes etapas de maduración y su aplicación gastronómica*. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- Dalmau, J. (2024, Abril 15). *MUN KOMBUCHA*. <https://munkombucha.com/blogs/todas/todos-obtener-l-a->

fermentacion?srsltid=AfmBOor4TLGEotN25n35VLar4biYezEJoon3PxtCAM2ecRr3
1bcDFN2T

- Escalante, A., & Ponce, N. (2024, junio 27). *TecScience*.
<https://tecscience.tec.mx/es/divulgacion-ciencia/kombucha/>
- FAO. (2014). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y Agricultura*.
<http://www.fao.org/faostat/es#data/QC>.
- García, S., & Montaña, J. (2024, julio 05). *Academia Española de Nutrición y Dietética*.
<https://www.academianutricionydietetica.org/saber-comprar/kombucha/>
- Google Maps;
<https://www.google.com/maps/place/Univ+Laica+De+Manabi+Carrera+De+Agropecuaria>
- Ifema Madrid. (2025, julio 28). *Ifema Madrid*. <https://www.ifema.es/noticias/alimentacion-bebidas/tipos-de-levadura>
- Kumari, P., Gaur, S. S., & Tiwari, R. K. (2023). Plátano y sus derivados: Una revisión exhaustiva sobre su composición nutricional y beneficios farmacológicos. *Comida electrónica*, 4(5), 25. <https://doi.org/10.1002/efd2.110>
- Leal, K. (2025, noviembre 24). *Tua Saude*. <https://www.tuasaude.com/es/kefir/>
- Lemos, F. (2023). *CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL VINAGRE ELABORADO A PARTIR DE VINO SECO Y VINO DULCE DE CIRUELA (Spondias purpurea L.)*. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR.
- Lesaffre, L. (2025, mayo 08). *Lesaffre*. <https://lesaffre.es/levaduras-nuevos-usos/>
- Macay, M. A., Cedeño, A. A., Zambrano, M. E., & Intriago, J. V. (2023). Uso de Raquis de Plátano (*Musa AAB*) para la Producción de Ensilaje Como Estrategia de Economía Circular. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 4848-4862. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8074
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2024). *AGROMERCADEO Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EN LA AGRICULTURA*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- National Geographic. (2025, marzo 21). *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2025/03/que-es-el-vinagre-y-para-que-se-utiliza-los-usos-de-este-conocido-producto-en-la-vida-cotidiana>
- Ponce, S. M. (2024). *Evaluación de tres métodos de fermentación y cuatro lechos de secado en el beneficiado de Theobroma cacao L., Malvaceae, “Cacao”, en finca La Providencia, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez*. Centro Universitario del Sur-Occidente.
- Raudales, E. V., Acosta, J. V., & Aguilar, P. A. (2024). Economía circular: una revisión

bibliométrica y sistemática. *Región Científica*, 3(1), 11.
<https://doi.org/10.58763/rc2024192>

Universidades, M. d. (2025, noviembre 03). *CSIC*. <https://www.csic.es/es/actualidad-del-csic/investigadoras-del-csic-demuestran-que-el-kefir-modula-receptores-intestinales-implicados-en-la-respuesta-inmune>

ANEXOS

Anexo 1



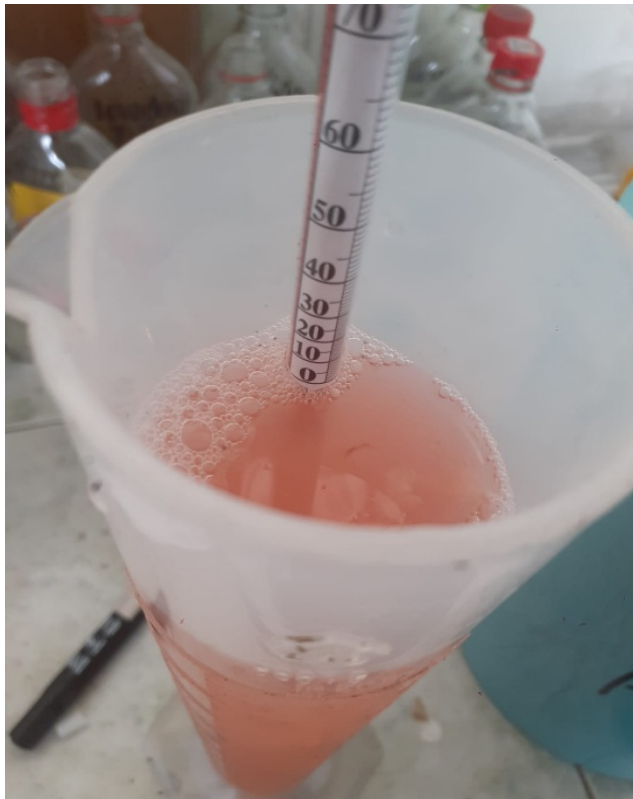
Control de temperatura con termómetro.

Anexo 2



Pesaje de inoculante microbiano

Anexo 3



Medición de alcohol

Anexo 4



Medición de pH

Anexo 5



Realización de destilación

Anexo 6



Medidor de °Grados Brix, luego de revisar un tratamiento.

Anexo 7



Tratamientos en fase alcohólica.



Nixer Adrian Zambrano Vera - Plagio

2%
Textos
sospechosos

8% Similitudes (ignorado)
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos
20% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Nixer Adrian Zambrano Vera - Plagio.docx
ID del documento: d4e3cdf69f225a4195d4a9873be3daecf32906c
Tamaño del documento original: 99,38 kB

Depositante: ELIZABETH TACURI TROYA
Fecha de depósito: 5/2/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 5/2/2026

Número de palabras: 5971
Número de caracteres: 39.163

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/5153/1/ULEAM-AGRO-0252.PDF 7 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (187 palabras)
2	dspace.ucuenca.edu.ec Obtención de vinagre a través de la fermentación con ... https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/e49e11f4-9ea5-4154-9a51-70027625d10a	3%		Palabras idénticas: 3% (180 palabras)
3	Ashley Nahomi Solórzano Rodríguez -Plagio.docx Ashley Nahomi Soló... #e96ccf Viene de de mi biblioteca 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (103 palabras)
4	ruvid.org El kéfir modula receptores intestinales implicados en la respuesta inm... https://ruvid.org/el-kefir-modula-receptores-intestinales-implicados-en-la-respuesta-inmune/ 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uteq.edu.ec https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstreams/067bf1e6-c0b8-49ab-905f-878690fb5123/download	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
2	repositorio.uleam.edu.ec Evaluación de la calidad de bebidas alcohólicas de dif... https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4615	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
3	COMPILATION Zambrano N.docx COMPILATION Zambrano N #5d9014 Viene de de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
4	repositorio.uleam.edu.ec UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABI: Obt... https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5153	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

17/6321567