



**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  
INGENIERO AGROPECUARIA**

**“FERMENTACIÓN ACÉTICA DE LA MAZORCA DEL CACAO A  
TRAVÉS DE UN FERMENTADOR ANAERÓBICO”**

**AUTOR:** Johao Fernando Cevallos García

**TUTOR:** Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya, Mg

El Carmen, Enero del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT- 04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 49

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería Agropecuario extensión del Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante **Johao Fernando Cevallos García** legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025(2), bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es **“Fermentación acética de la mazorca del cacao 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, 10 enero de 2025.

Lo certifico,

Ing. Tacuri Troya Elizabeth Telli, Mg

Docente Tutor(a)

Área: Industria y productividad

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

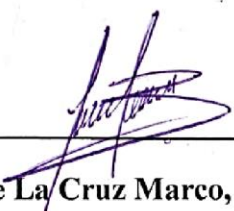
**TÍTULO:**

**FERMENTACIÓN ACÉTICA DE LA MAZORCA DEL CACAO A  
TRAVÉS DE UN FERMENTADOR ANAERÓBICO**

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

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

El Carmen, 26 de febrero del 2026



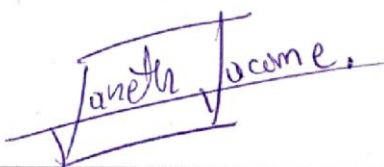
---

**Ing. De La Cruz Marco, Mg**  
**Presidente del tribunal de titulación**



---

**Ing. Vivas Cedeño Jorge, Mg**  
**Miembro del tribunal de titulación**



---

**Ing. Janeth Jácome, PhD**  
**Miembro del tribunal de titulación**

**DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, Johao Fernando Cevallos García con cédula de ciudadanía 2300385933, estudiante de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera 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 mazorca del cacao a través de un fermentador anaeróbico"** son información exclusiva de su autor, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes índoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,



---

**Johao Fernando Cevallos García**

**C.I 2300385933**

El Carmen, 26 de Febrero del 2026

## Índice

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	III
DEDICATORIA.....	IX
AGRADECIMIENTO .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS .....	4
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
CAPÍTULO I .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Producción de cacao en Ecuador.....	5
1.2. Características fisicoquímicas de la cáscara de cacao.....	5
1.3. El impacto de la Economía Circular en la Industria.....	6
1.4. Fermentación alcohólica.....	7
1.5. Fermentación Acética.....	8
1.6. Kéfir.....	9
1.7. Kombucha.....	9
1.8. Estabilización .....	9
1.9. Diseño del reactor batch a escala de laboratorio.....	10
CAPITULO II.....	11
2.1. ESTADO DEL ARTE .....	11
CAPÍTULO III.....	13
METODOLOGÍA.....	13
3.1. Lugar de ejecución .....	13
3.1.1. Caracterización agroecológica de la zona .....	13

3.2. Método.....	14
3.2. Validación de resultados .....	14
3.3. Ética y sostenibilidad.....	14
3.4. Instrumentos de medición .....	14
3.4.1. Materiales .....	14
3.4.2. Equipos .....	15
3.4.3. Materia prima .....	15
3.5. Procedimiento:.....	15
3.5. VARIABLES.....	16
3.5.1. Variables independientes .....	16
3.5.2. Variables dependientes. ....	17
3.6. Unidad Experimental.....	17
3.6.2. Tratamientos .....	17
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	18
3.6.1. Diseño Estadístico .....	18
3.6.2. Manejo del ensayo .....	18
CAPITULO IV .....	19
RESULTADOS .....	19
4.1 Fase Alcohólica .....	19
4.1.1. Gráfica Variables de control en la etapa de fermentación Alcohólica .....	19
4.2 Fase Acética.....	20
4.2.1 Variable pH. ....	20
4.2.2. Variable Brix .....	21
4.2.3. Variable alcohol.....	22
4.3. Fase Destilación.....	24
4.3.1. Variable pH. ....	24

4.3.2. Variable Brix .....	26
4.3.3. Variable Rendimiento.....	27
4.3.3. Variable Rendimiento.....	28
4.3.4. Variable Costos .....	28
CAPITULO V.....	30
CONCLUSIONES .....	30
5.1. Fermentación de la cáscara de cacao como sustrato precursor. ....	30
5.2. Fermentación acética y eficiencia del proceso .....	30
5.3. Costos de producción del ácido acético.....	30
5.2. RECOMENDACIONES .....	31
5.2.1. Estandarización y optimización del proceso. ....	31
5.2.2. Mecanización y automatización de equipos. ....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32
ANEXOS .....	36
Anexo 1. ....	36
Anexo 2. ....	36
Anexo 3. ....	36
Anexo 4. ....	37
Anexo 5 .....	37
Anexo 6 .....	37
Anexo 7. ....	38
Anexo 8 .....	38
Anexo 9 .....	38
Anexo 10 .....	39
Anexo 11 .....	39
Anexo 12 .....	39
Anexo 13 .....	40

Anexo 14 .....	40
Anexo 15 .....	40

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características agroecológicas de la localidad .....	13
<b>Tabla 2</b> Variable independiente .....	16
<b>Tabla 3</b> Variable dependiente .....	17
<b>Tabla 4</b> Disposiciones de los tratamientos en estudio .....	17
<b>Tabla 5</b> Esquema de ADEVA.....	18
<b>Tabla 6</b> Efecto de los tratamientos microbianos sobre el contenido de sólidos solubles .....	20
<b>Tabla 7</b> Datos de Brix en % en fermentación alcohólica, de cascara de cacao. .21	
<b>Tabla 8</b> Datos de alcohol en v/v en % en fermentación alcohólica, de cascara de cacao fase fermentación alcohólica .....	23
<b>Tabla 9</b> Tabla pH en la etapa de fermentación acética .....	24
<b>Tabla 10</b> Comparativa por tratamientos y marcas comerciales .....	28

### Índice de figuras

<b>Gráfico 1</b> Variables de control en la etapa de fermentación Alcohólica .....	19
<b>Gráfico 2</b> Datos de pH en fermentación alcohólica, de cascara de cacao fase fermentación alcohólica.....	21
<b>Gráfico 3</b> Grados Brix .....	22
<b>Gráfico 4</b> Datos del potencial de Hidrógeno pH en fermentación acética, de cascara de cacao.....	23
<b>Gráfico 5</b> Comparación de los inóculos en la variable pH .....	25
<b>Gráfico 6</b> Variable BRIX- Etapa de destilación .....	26
<b>Gráfico 7</b> Variable Rendimiento.....	28

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado a Dios por darme el privilegio de estar vivo y brindarme la gracia de darme dos padres maravillosos, a mi madre María Solanda García García por ser mi apoyo y motivación, a mi papá Luis Vicente Cevallos Ayala por enseñarme a enfrentar con firmeza los obstáculos, a mi esposa e hijas por ser mi inspiración y refugio, a mis hermanos quienes me demostraron que el trabajo limpio es el mejor regalo, a mis docentes quienes en clase dieron todo de sí para formar ingenieros de renombre y finalmente a esta noble institución ULEAM quién me abrió sus puertas y darme el privilegio de ser uno de los líderes del mañana.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento eterno a Dios por permitir cumplir mis metas y culminar este proyecto de investigación.

A mi tutora Elizabeth Telli Tacuri Troya por haberme guiado en cada proceso enseñando con la mejor disponibilidad que uno pueda recibir.

A mis padres por apoyarme económica y emocional en cada proceso de mi formación académica y recordarme que todo tiene su sacrificio, pero la recompensa es aún mayor.

A mis colegas estudiantes quienes fueron parte de mi crecimiento profesional aportando cada una de sus virtudes y haberme convertido en la persona quién soy.

Finalmente, a todas las personas que contribuyeron de alguna u otra manera para que este proyecto se culminara.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la viabilidad técnica, fisicoquímica y económica de la fermentación acética de la cáscara de cacao CCN-51 como estrategia de valorización de un subproducto agroindustrial bajo un enfoque de economía circular. El estudio comprendió una fermentación alcohólica previa y una posterior fermentación acética en condiciones aeróbicas, empleando diferentes inóculos microbianos: (T1) levadura, (T2) kéfir, (T3) kombucha y (T4) cultivo mixto. Se evaluaron variables fisicoquímicas como pH, °Brix, contenido alcohólico y rendimiento de ácido acético, además de realizar un análisis estadístico y un estudio de costos de producción. Los resultados evidenciaron que la fermentación alcohólica permitió obtener un sustrato precursor adecuado, reflejado en la disminución significativa de °Brix y la estabilización del pH en valores ácidos. En la fase acética no se observaron diferencias significativas en pH entre tratamientos; sin embargo, el °Brix y el rendimiento de ácido acético presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), destacándose el tratamiento T2 (kéfir) por su mayor eficiencia y mejor relación costo–beneficio.

El análisis económico indicó que este tratamiento presentó un costo de producción por litro inferior al de productos comerciales similares. Se concluye que la cáscara de cacao constituye una materia prima técnicamente viable para la obtención de ácido acético, generando oportunidades económicas para pequeños productores, reduciendo impactos ambientales y contribuyendo al desarrollo sostenible, en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el Plan Nacional de Desarrollo 2021–2025.

**Palabras claves:** Ácido acético, fermentación, microorganismos, cáscara de cacao CCN-51.

## ABSTRACT

The present research aimed to evaluate the technical, physicochemical, and economic feasibility of acetic fermentation of CCN-51 cocoa pod husk as a strategy for valorizing an agro-industrial byproduct under a circular economy approach. The study comprised a prior alcoholic fermentation followed by acetic fermentation under aerobic conditions, using different microbial inocula: (T1) yeast, (T2) kefir, (T3) kombucha, and (T4) mixed culture. Physicochemical variables such as pH, °Brix, alcohol content, and acetic acid yield were evaluated, in addition to statistical analysis and a production cost study.

The results showed that alcoholic fermentation allowed the obtainment of an adequate precursor substrate, reflected in the significant reduction of °Brix and stabilization of pH at acidic values. During the acetic phase, no significant differences in pH were observed among treatments; however, °Brix and acetic acid yield presented statistically significant differences ( $p < 0.05$ ), with treatment T2 (kefir) standing out due to its greater efficiency and better cost–benefit ratio.

The economic analysis indicated that this treatment presented a production cost per liter lower than that of similar commercial products. It is concluded that cocoa pod husk constitutes a technically viable raw material for acetic acid production, generating economic opportunities for small-scale producers, reducing environmental impacts, and contributing to sustainable development, in accordance with the Sustainable Development Goals and the 2021–2025 National Development Plan.

**Keywords:** Acetic acid, fermentation, microorganisms, CCN-51 cocoa pod husk.

## INTRODUCCIÓN

El cacao tiene sus raíces en las cuencas del Amazonas y del Alto Orinoco. Allí, las antiguas civilizaciones mayas y aztecas lo cultivaron y perfeccionaron, valorándolo no solo como un alimento, sino como un símbolo de bienestar. Sus granos eran tan apreciados que incluso se utilizaban como moneda de intercambio el cacao se cultiva en regiones tropicales, donde el clima cálido y húmedo favorece el crecimiento de sus árboles (Souza et al., 2022)

En Ecuador, como en otros países, la actividad cacaotera genera grandes volúmenes de residuos de mazorca al extraer las almendras., su destino suele ser poco aprovechado, en el mayor de los casos se las desecha en el campo o se la utiliza como abono orgánico. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2024). Esta práctica genera impactos ambientales negativos, como la emisión de gases de efecto invernadero cuando esta entra en descomposición, la cáscara de cacao puede ser empleada en diferentes subproductos como valor agregado reduciendo significativamente los gases emitidos (Duarte, 2024).

Tanto el sector agrícola ecuatoriano como el agroindustrial enfrentan un desafío significativo: el desperdicio generado y, en particular, la utilización ineficiente de los recursos. En el caso del cacao, la cáscara o mazorca es uno de los subproductos más comunes derivados de la cosecha de este fruto, es decir que la cascara contiene un valor rico en fibra y antioxidantes como flavonoides que ayudan al combate de enfermedades, los valores aproximados son que por cada 100 gramos manifiesta una fibra de 30-40g con magnesio 200 mg, hierro de 5-10mg, potasio de 400-500mg y por último cuenta con calorías de 300-350 kcal. (Ramírez, 2024)

El ácido acético, denominado también ácido metilcarboxílico, es un compuesto orgánico presente en el vinagre, al cual le otorga su característico aroma y sabor ácido, este manifiesta una composición del vinagre cuya fórmula es  $\text{CH}_3\text{-COOH}$  ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ), El etanol se convierte en acetaldehído a través de la enzima del alcohol deshidrogenasa (ADH) y en una etapa posterior (Palacios et al., 2019). En este contexto, se plantea como objetivo desarrollar un proceso de fermentación acética utilizando la mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L.) como sustrato, mediante un fermentador anaeróbico y aeróbica, con el propósito de valorizar este residuo agroindustrial bajo un enfoque de bioeconomía circular.

### **Economía circular en la agropecuaria.**

Como menciona, Raudales et al.,(2024) se propone transformar los procesos de forma lineal para obtener una solución práctica y reutilizar recursos, con el fin de desarrollar modelos de sostenibilidad que sean rentables para las compañías. Estos modelos también deben involucrar a los distintos roles de los agentes económicos y establecer procedimientos que respeten el medio ambiente y utilicen adecuadamente los recursos, contribuyendo así a la disminución de gases invernadero y a la mitigación del cambio climático.

La idea de la economía circular (en adelante, EC) es uno de los conceptos más debatidos, analizados y mencionados en diversas áreas, ya sean académicas, institucionales o sociales. En tiempos recientes, se ha explorado para encontrar nuevas soluciones que busquen crear un entorno sostenible a nivel social, económico y ambiental. Se enfoca en investigar cómo aprovechar al máximo los recursos naturales —renovables y no renovables— así como el problema de la extinción de especies. Además, examina las oportunidades que surgen hacia finales del siglo XX para intentar mitigar la urgente carencia de recursos materiales, especialmente combustibles fósiles (Costa, 2022).

La Economía Circular busca promover la prosperidad económica, cuidar el medioambiente y evitar la contaminación, lo cual está en concordancia con los objetivos de desarrollo sustentable. Además de la transformación de los residuos en nuevos recursos, sugiere una modificación innovadora en el sistema actual de producción, en cuanto a que el planteamiento de cada etapa del proceso se rija por la idea sobre la regeneración y el diseño ecológico (Sánchez et al., 2023).

La economía circular en áreas como la gastronomía, la cosmetología, la zootecnia y la agricultura se refiere a un modelo de consumo y producción que persigue reducir al mínimo el derroche e incrementar al máximo el reaprovechamiento de recursos. En la agricultura, se fomenta la aplicación de métodos sostenibles que reciclan los nutrientes y disminuyen el empleo de insumos externos. En la zootecnia se promueve el uso de subproductos animales para fertilizar el suelo y alimentar a los seres vivos. En el campo de la cosmetología, se persigue emplear envases reciclables e ingredientes naturales, pero en gastronomía se aplican métodos para disminuir el derroche de alimentos, como aprovechar los sobrantes de cocina para elaborar nuevos platillos (Imbernó, 2023).

## **Usos del ácido acético en la agricultura, zootecnia, alimentos, cosmetología, gastronomía, etc**

En la agricultura, el ácido acético se usa sobre todo como fungicida y herbicida, su habilidad para eliminar patógenos y malas hierbas del suelo lo hace una opción ecológica frente a los herbicidas sintéticos, lo que favorece la adopción de prácticas más sostenibles. Asimismo, se utiliza en la elaboración de soluciones nutritivas para los cultivos, lo que optimiza la absorción de nutrientes y regula el pH del terreno. Esto no solamente fomenta un desarrollo más saludable de las plantas, sino que además disminuye la necesidad de insumos químicos. (Soto, 2021).

El ácido acético es un aditivo que se utiliza en la alimentación de los animales en zootecnia. Tiene el efecto de mejorar la digestión de los alimentos y favorecer la salud intestinal. Incluirlo en los regímenes alimentarios de aves y rumiantes contribuye a regular el desarrollo de bacterias patógenas, lo cual es fundamental para preservar la salud animal. Esto mejora la conversión de alimentos, lo que se traduce en un desempeño productivo más alto y, por lo tanto, en una eficacia superior en la producción ganadera. Asimismo, fomenta prácticas más naturales y ayuda a disminuir el uso de antibióticos en la alimentación de los animales. (Bonilla et al., 2023).

De acuerdo con, Loor (2024) el ácido acético es un diluyente y sustancia conservante esencial en la industria alimentaria para artículos como salsas, vinagres y encurtidos. La habilidad de impedir el desarrollo de microorganismos alarga la vida útil de los alimentos y mejora su sabor; esto es crucial para la protección alimentaria. Además, se utiliza en la elaboración de productos fermentados que son conocidos por sus propiedades beneficiosas para la salud, como el chucrut y el kimchi.

En la cocina, se utiliza el ácido acético para preparar vinagres y salsas, ya que proporciona un sabor ácido y singular a una gran variedad de comidas. Se emplea en conservas, marinadas y aliños, con el fin de mejorar la presentación de los alimentos y potenciar su sabor. Su versatilidad hace posible que sea un componente fundamental en numerosas recetas, desde las ensaladas hasta los platos principales. Asimismo, es utilizado en métodos de mantenimiento, por ejemplo, el encurtido, para mantener la frescura de las frutas y los vegetales. Este empleo en la gastronomía no solamente mejora la experiencia de cocinar, sino que además promueve prácticas para conservar los productos alimenticios (García, 2025).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Evaluar el rendimiento y caracterizar el ácido acético obtenido a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.).

### **Objetivos específicos**

- Realizar la fermentación de la cáscara de cacao para obtener el sustrato precursor de ácido acético.
- Efectuar la fermentación acética empleando bacterias acéticas, y determinar la eficiencia del proceso.
- Determinar los costos de producción del ácido acético.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Producción de cacao en Ecuador.**

Por consiguiente, Ureta et al., (2023) Es conocido que los productores de menor tamaño realizan su producción con etiquetas de calidad, lo cual añade valor a la misma y, al mismo tiempo, genera más confianza en el consumidor. Ellos son los que desarrollan una producción orgánica respetuosa con el medio ambiente. El 29,3% de los granjeros de la provincia de Manabí han generado o producen con un emblema de calidad. Los pequeños productores que deciden participar en sistemas respetuosos con el medio ambiente no toman decisiones únicamente basadas en factores económicos, pues reconocen que la principal ventaja de producir bajo etiquetas de calidad es que se mejora el acceso al mercado y se resalta la procedencia del producto.

En 2020, la producción de cacao se llevó a cabo en 21 de las 24 provincias ecuatorianas, con unas 590,000 hectáreas sembradas y 527,000 cosechadas, lo que representa una producción media de aproximadamente 600 kg por hectárea. El Ecuador planificó para el año siguiente exportar unas 300.000 toneladas métricas de cacao nacional fino de aroma; según estos cálculos, la venta exterior generaría un ingreso anual cercano a los 700 millones de dólares. Las organizaciones de productores de cacao, mediante la puesta en marcha de un proyecto ambicioso, gestionarían y manejarían 25 instalaciones para la propagación (viveros) con gran capacidad para propagar plantines de cacao. Estas fueron establecidas entre 2012 y 2016 (aroma, 2022).

El sector cacaotero ha estado experimentando un crecimiento sólido debido a las acciones favorables que el Gobierno ecuatoriano realiza. Del mismo modo, compañías privadas como Jeff de Bruges, el distribuidor de chocolate más importante de Francia, y la Corporación Sojitz, de Japón, han estado trabajando en plantaciones de cacao en Ecuador con el propósito de elaborar sus recetas utilizando exclusivamente grano de cacao ecuatoriano (Corporación Financiera Nacional (CFN), 2018)

#### **1.2. Características fisicoquímicas de la cáscara de cacao.**

La cáscara de cacao tiene varias propiedades fisicoquímicas que la hacen útil en múltiples usos. Su composición contiene una gran cantidad de fibra, lo que le brinda propiedades funcionales para la salud digestiva y la alimentación. Asimismo, incluye flavonoides y compuestos fenólicos, que son antioxidantes naturales con la capacidad de luchar contra el estrés oxidativo. La cáscara de cacao es normalmente un poco ácida, lo

cual podría afectar la forma en que interactúa con otros elementos a lo largo de los procesos de extracción de nutrientes o fermentación. La cáscara es un recurso atractivo para la agroindustria y la alimentación gracias a estos rasgos (Salinas, 2022).

La habilidad que tiene la cáscara de cacao para retener agua es otra cualidad importante, lo que la hace un magnífico agente para optimizar el nivel del suelo en prácticas agrícolas sostenibles. Esta característica permite que la cáscara funcione como un acondicionador del suelo, lo cual contribuye a que la humedad se mantenga y los nutrientes estén disponibles para las plantas. Asimismo, su textura y densidad son aspectos relevantes a tener en cuenta si se lo emplea como sustrato para cultivos o para la elaboración de bioproductos (Cornejo & Castro, 2023).

Las cáscaras, que representan aproximadamente el 12% del peso de la semilla, deben dejarse como residuos o desechos tras una serie de procesos y etapas a los que se somete el cacao (la fermentación, el secado y el tostado), con el objetivo de generar productos y subproductos del cacao. Sin embargo, la cáscara conserva las propiedades aromáticas de la almendra y las contrarresta con una textura fibrosa y crujiente. La expresión "cáscara de cacao" o "cáscara" se refiere a la cáscara externa del grano de cacao, que está limpia y en buen estado. Contiene entre un 2,85 % y un 3,14 % de grasa, comparado con el 30 % y el 50 % del propio grano de cacao (Tarrillo, 2023).

Como menciona Alarcon (2025) analizaron cinco muestras de cascarilla de cacao y verificaron que los niveles de contenido de humedad eran  $\leq 5\%$ , en cuanto a lo que en lo que respecta a la proteína, es alrededor del 20%. La cáscara de cacao es muy interesante para usarla en la alimentación de animales. Su contenido graso es un poco mayor al 1%, investigaciones anteriores señalan cifras inferiores al 6%. Las cenizas totales Las muestras variaron entre el 7 y el 8%. Cuando se determina el contenido de carbohidratos porque se detectaron valores entre 70 y 72%.

### **1.3. El impacto de la Economía Circular en la Industria.**

Según, Cardozo et al., (2023) la Economía Circular es una de las estrategias que abogan por este replanteamiento cuya idea central está en la construcción de “un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible”

Quizás el sector agropecuario sea una de las mejores alternativas para poner en práctica los principios esenciales de la economía circular, ya que en este sector los procesos siguen un orden natural más que económico. Esto permite la reconstrucción de los negocios

tradicionales con el fin de establecer un modelo sostenible desde el punto de vista ambiental y económico, basado en la utilización completa de materiales, incluidos aquellos elementos que el modelo lineal de producción considera como desechos (Cardozo et al., 2023).

Hoy en día se están llevando a cabo procesos de economía circular, como el aprovechamiento de la cáscara de cacao y la cáscara de la vaina. Ejemplos del primero son: carbón activado (biomaterial), biocombustible, alimentación animal, fertilizantes y metabolitos primarios (pectina, fibras dietéticas). Ejemplos del segundo son: metabolitos primarios (fibras dietéticas), carbón activado (biomaterial), energía y alimentación animal. Los estudios revisados mostraron que es posible implementar extracto de CPH en productos cosméticos funcionales, especialmente en productos para proteger contra los rayos UV, para blanquear la piel y para combatir las arrugas (Díaz et al., 2023).

De acuerdo con la FAO, uno de los principios fundamentales de la economía se encuentra en el sector agropecuario. La agroecología es un modelo circular que congrega a los productores y consumidores, por ende se respalda la economía local y los mercados mediante ciclos productivos, fomenta soluciones equitativas fundamentadas en las capacidades, recursos y necesidades locales, y fortalece las cadenas cortas de alimentos. Es un tipo de economía que busca incrementar la producción económica mientras se sostienen precios equitativos, la producción y el consumo de productos agroecológicos se benefician en gran medida del progreso social. Así que, para que sean más, es necesario actualizar los sistemas alimentarios, la utilización eficiente de los recursos puede contribuir a encarar la dificultad global de prevenir y disminuir el derroche y las pérdidas de alimentos (Rodríguez, 2023).

#### **1.4. Fermentación alcohólica**

Como señala, Alcalde (2021) la fermentación alcohólica posee dos etapas más que la glicolisis, por un lado, el ácido pirúvico experimenta una descarboxilación transformándose en acetaldehído y, por otro, éste se reduce a etanol, lo que permite regenerar el NAD<sup>+</sup> necesario para proseguir con la oxidación de más azúcares a través de la glicolisis

La descarboxilación del ácido pirúvico está mediada por un cofactor enzimático que es el pirofosfato de tiamina y la reducción del acetaldehído a etanol está catalizada por el alcohol deshidrogenasa, que contiene Zn<sup>2+</sup> en su centro activo. El acetaldehído puede transformarse, en parte, en acetil-coenzima A para la síntesis de lípidos y

aminoácidos. Desde el punto de vista energético la fermentación alcohólica produce dos ATP netos/mol de glucosa, lo que suponen 14,6 Kcal; teniendo en cuenta que la conversión de glucosa en etanol libera 40 Kcal/mol de glucosa, ello implica que 25,4 Kcal se disipan en forma de calor (Alcalde, 2021).

La fermentación alcohólica es el proceso por el que los azúcares contenidos en el mosto se convierten en alcohol etílico. El oxígeno es el desencadenante inicial de la fermentación, ya que las levaduras lo van a necesitar en su fase de crecimiento. Sin embargo, al final de la fermentación conviene que la presencia de oxígeno sea pequeña para evitar la pérdida de etanol y la aparición en su lugar de acético (Curioso, 2022).

La fermentación alcohólica es un proceso exotérmico, es decir, se desprende energía en forma de calor. Es necesario controlar este aumento de temperatura ya que si ésta ascendiese demasiado (25 - 30°C) las levaduras comenzarían a morir deteniéndose el proceso fermentativo (Curioso, 2022).

### **1.5. Fermentación Acética**

El proceso biológico de la fermentación acética consiste en que los azúcares y otras sustancias que pueden ser fermentadas se transforman en ácido acético gracias a la intervención de las bacterias del género *Gluconobacter* y *Acetobacter*. Este procedimiento tiene lugar en condiciones aeróbicas, en las que la actividad de estas bacterias requiere oxígeno. La fermentación acética es crucial para la elaboración de vinagres, porque convierte el alcohol en ácido acético, lo que brinda al producto final un sabor característico y propiedades preservativas. Este procedimiento no se emplea únicamente para la producción de vinagre, sino que también se aplica en la fabricación de productos fermentados y en el sector alimenticio. (Palacios et al., 2019).

El proceso de fermentación acética se puede dividir en dos fases: la primera es la transformación alcohólica, en la que las levaduras transforman los azúcares en etanol; la segunda es la transformación del etanol a ácido acético. En la fermentación alcohólica, se producen subproductos como el calor y el dióxido de carbono, los cuales pueden afectar los requisitos del medio. En el segundo paso, las bacterias acéticas hacen uso del etanol y lo oxidan para generar ácido acético. Para conseguir un producto de alta calidad, es imprescindible controlar la temperatura, el pH y la concentración de oxígeno, que son elementos fundamentales que inciden en la eficacia y el rendimiento del proceso. (Soto, 2021).

La materia prima empleada también tiene la capacidad de influir en la

fermentación acética, puesto que diversas fuentes de azúcares pueden dar lugar a cambios en el sabor y la calidad del ácido acético generado. Por ejemplo, el vinagre obtenido puede tener propiedades organolépticas singulares si se emplea vino, sidra o zumo de frutas como base. Asimismo, la elección de cepas bacterianas concretas tiene el potencial de optimizar el procedimiento y mejorar el rendimiento, dándoles a los productores la posibilidad de personalizar sus productos en función de lo que prefiera el cliente. Con este enfoque, se han creado vinagres gourmet y especiales que sobresalen por sus aromas y sabores únicos (Palacios et al., 2019).

### **1.6. Kéfir**

Este consorcio de microorganismos que viven en simbiosis se destaca los siguientes:

Entre las bacterias los *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremosis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus casei* subsp. *pseudoplantarum*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leuconostoc pseudomesenteroides*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium lactis*, y entre las levaduras *Kluyveromyces marxianus* var. *lactis*, *Saccharomyces cerevisiae*

### **1.7. Kombucha.**

Los macroorganismos del consorcio kombucha contiene una simbiosis de diferentes especies de levaduras y acetobacterias, destacan los siguientes: Bacterias. - *Bacterium xylinum*, *Gluconobacter oxidans*, *Medusomyces gisevi*, y las levaduras *Candida stellata*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Brettanomyces bruxellensis*, *Torulaspora delbrueckii*, *Saccharomyces ludwigii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia fermentans*, *Zygosaccharomyces bailii*.

### **1.8. Estabilización**

En la producción de alimentos y bebidas, el proceso de estabilización es esencial para preservar a través del tiempo la calidad del producto y sus características organolépticas. La estabilización, en el marco de la fermentación acética, supone supervisar elementos como la temperatura, el pH y la concentración de ácido acético con el objetivo de prevenir que se multipliquen los microorganismos no deseados y asegurar la seguridad del producto. No solo extiende la duración del vinagre y otros productos

fermentados, sino que también garantiza que sus propiedades sensoriales, como el gusto, el olor y la textura, se preserven (Alarcon, 2025).

La pasteurización es uno de los métodos más frecuentes para estabilizar, y consiste en calentar el producto a temperaturas determinadas con el objetivo de eliminar microorganismos que causan enfermedades y disminuir la carga microbiana. No obstante, esta técnica tiene el potencial de alterar las propiedades organolépticas del producto; por ello, se están investigando otros métodos, como la microfiltración y la incorporación de conservantes naturales. Estas opciones posibilitan que el producto conserve su calidad al tiempo que se garantiza su estabilidad microbiológica, proporcionando a los clientes alternativas más naturales y saludables (Duarte, 2024).

### **1.9. Diseño del reactor batch a escala de laboratorio**

Un reactor batch secuencial (SBR) permite llevar a cabo las etapas de un proceso de lodos activados en un único tanque, definiendo su operación en un ciclo de cuatro etapas (llenado, reacción, decantación y vaciado). En este trabajo se efectuó el diseño, la construcción y evaluación de un SBR a escala de laboratorio con un difusor de aire en forma de espiral acoplado a un oxigenador de acuario con cuatro salidas. (Falla et al., 2024).

Por consiguiente Falla et al (2024) vuelve a mencionar que el volumen útil de reactor fue de 10 L y el ciclo de operación de 24 h, alternando cada dos horas las etapas de reacción y decantación, en la etapa de vaciado se retiró el 40% del volumen y se reemplazó con una nueva muestra de agua residual sintética. El periodo de evaluación del reactor fue de tres semanas, durante las cuales se monitoreo diariamente la temperatura, el oxígeno disuelto y el pH. La temperatura registró un valor promedio de  $20.3 \pm 0.6$  °C, que es un valor presente en el intervalo óptimo de 20 a 35 °C para un proceso activado

## CAPITULO II

### 2.1. ESTADO DEL ARTE

Como menciona, Pullupaxi (2025) en su investigación titulada Métodos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 para el mejoramiento de los perfiles físicos-químicos y sensoriales 51 para el mejoramiento de los perfiles físicos-químicos y sensoriales, el presente estudio analiza los métodos de fermentación del cacao CCN-51 y su influencia en la calidad de los granos para mejorar las características fisicoquímicas y sensoriales del chocolate. El objetivo del proyecto es describir los métodos de fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 para el mejoramiento de los perfiles físicos-químicos y sensoriales del chocolate. La metodología implementada fue investigación bibliográfica proveniente de diversas fuentes, tales como sitios web, artículos científicos, libros, revistas académicas, tesis y manuales técnicos especializados. En los resultados obtenidos se detallaron los principales procesos de fermentación, como el uso de cajas de madera, fermentación de acero inoxidable y barriles rotatorios, evaluando su impacto sobre parámetros como temperatura, pH, humedad y oxigenación. Se concluye que la fermentación en cajas de madera mantiene temperaturas óptimas entre 45 °C y 52 °C, promoviendo la actividad microbiana y reduciendo la acidez, lo que mejora las propiedades organolépticas del cacao.

Según, Ricaurte & Quiñonez (2024) en su investigación titulada “Obtención de ácido acético a base del fermento natural del mucílago de cacao” en Ecuador existe alrededor del 72% de desperdicio de mucílago de cacao (proveniente de granos de cacao) a través de estudios realizados en el país, un método eficaz para el aprovechamiento de este recurso es la obtención del ácido acético conocido comúnmente como vinagre mediante el proceso de una fermentación bacteriana o de forma sintética por carbonilación de metanol. El objetivo de este proyecto es elaborar dicho producto para reducir el desperdicio que existe en las fincas cacaoteras. Se desarrolló una investigación cuantitativa-exploratoria, se inició con la recolección de las mazorcas adecuadas para la extracción del mucílago de cacao. Determinándose las características fisicoquímicas pH, °Brix y acidez titulable. Para la obtención se aplicó dos métodos de fermentación: una fermentación combinada (alcohólica + acética) y una fermentación mixta, para la fermentación alcohólica se preparó un inóculo de levaduras comercial de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, se obtuvo alcohol etílico y posteriormente se realizó una fermentación acética para adquirir el vinagre con la acción de un inóculo de bacterias

acéticas de la especie *Acetobacter aceti* obtenidas por un asilamiento de células madres de un encurtido de vegetales.

Como indica, Ponce (2024) en su investigación titulada “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” en la presente investigación se evaluaron tres métodos de fermentación (cajas de madera, sacos plásticos con cinco días de fermentación y sacos plásticos con 24 horas de fermentación (testigo) la variable de respuesta fue índice de fermentación en baba. Posteriormente se evaluaron cuatro lechos de secado (caja de madera, lámina, nylon negro y patio de concreto (testigo), con la variable de respuesta clasificación de los granos según su calidad finalmente estos dos factores se evaluaron por medio de un diseño experimental completamente al azar bifactorial, y las variables respuesta fueron el índice de fermentación y el rendimiento de mazorcas por kilogramo. Además del correspondiente análisis económico de los tratamientos.

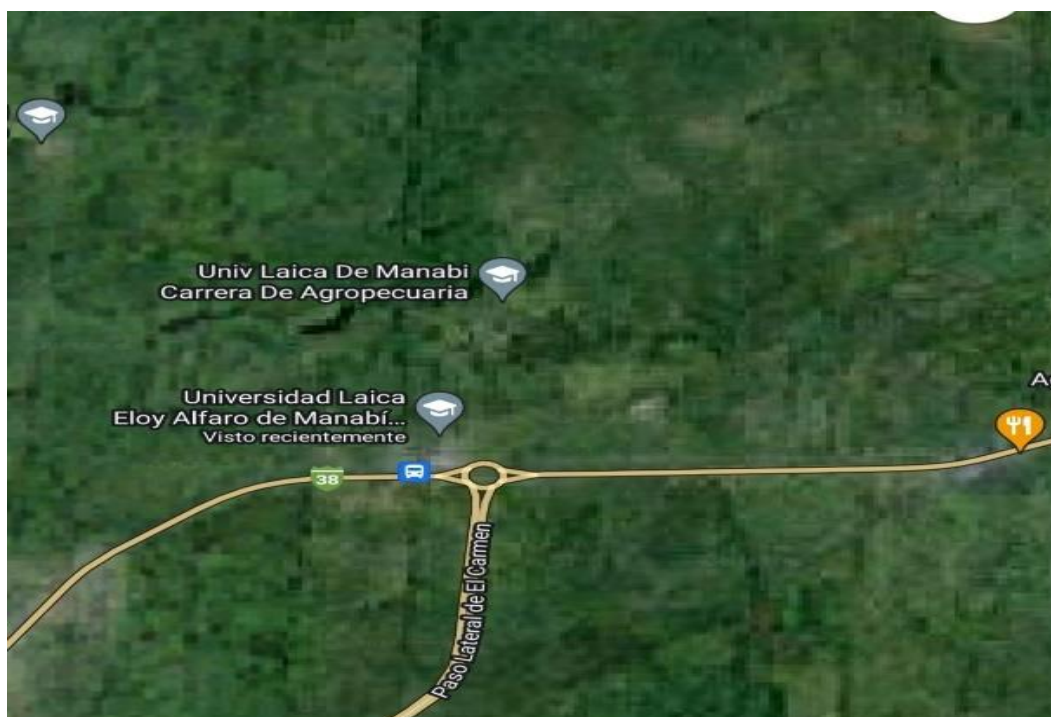
De acuerdo con, Rosales et al (2024) en su investigación titulada “Influencia de la fermentación del cacao y del uso de cultivos iniciadores sobre las características organolépticas del chocolate: un análisis integral” menciona que, la falta de reproducibilidad en la fermentación tradicional de las habas de cacao puede generar variaciones en las características organolépticas del chocolate, siendo un desafío para mantener estándares consistentes. Esta revisión analizó la influencia de la fermentación y cultivos iniciadores en la producción de chocolate, ofreciendo un panorama general de los factores que afectan su calidad organoléptica. Se abordó la relevancia económica y cultural del cacao y el ciclo de producción del chocolate, destacando la importancia de la fermentación y de sus factores críticos. Los hallazgos revelaron que la fermentación con cultivos iniciadores específicos mejora la degradación de la pulpa, aumenta la producción de metabolitos deseables y enriquece el perfil de sabor y aroma del chocolate, incluyendo sabores a caramelo, frutados, ácidos y amargos, además de incrementar el contenido de polifenoles y flavonoides. En conclusión, la implementación de cultivos iniciadores es clave para mejorar la calidad y consistencia del chocolate, contribuyendo a la producción de chocolates de alta calidad.

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Lugar de ejecución

Laboratorio de Alimentos de la Granja experimental Río Suma de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Cantón El Carmen, Manabí – Ecuador.

**Figura 1.** Localización de la Granja Experimental Río Suma



#### 3.1.1. Caracterización agroecológica de la zona

**Tabla 1.** Características agroecológicas de la localidad

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> )	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

### **3.2. Método**

- Metodología aplicada, experimental, con un enfoque cuantitativo, se desarrolló en cuatro fases estratégicas que responden a los objetivos específicos y articulan el componente técnico, económico, ambiental y social del proyecto-

### **3.2. Validación de resultados**

Los resultados se validaron mediante análisis estadístico de los datos experimentales (ANOVA, pruebas de significancia).

### **3.3. Ética y sostenibilidad**

La investigación integra principios de responsabilidad ambientales, seguridad alimentaria y equidad social, con consentimiento informado de los productores, respeto a los saberes locales y compromiso con el desarrollo sostenible de la comunidad de El Carmen.

### **3.4. Instrumentos de medición**

- Refractómetro
- Peachímetro
- Alcoholímetro
- Termómetro

#### **3.4.1. Materiales**

- Silicón
- 6 metros de manguera de 10mm
- Broca de 10mm
- Cuchillo
- Olla de aluminio
- 12 tachos de 8 litros con tapa
- 12 Botellas de 500ml
- Materiales de oficina y muestreo
- Cuaderno
- Lapicero
- Marcadores
- Ligas
- Lienzo
- Probeta

### 3.4.2. Equipos

- Destilador
- Gramera digital
- Cocina
- Taladro

### 3.4.3. Materia prima

- Cascara de cacao(CCN-51)
- Levadura (*Saccharomyces* sp.)
- Kéfir (búlgaros de agua)
- Kombucha (SCOBY)
- Sacarosa (azúcar de mesa)
- Agua (potable o hervida)
- Ácido cítrico (acidificante y conservador)

### 3.5. Procedimiento:

1. Recopilación del material vegetativo (cáscaras de cacao CCN-51) inmediatamente después de la cosecha,
2. Se realiza el lavado con abundante agua permitiendo remover impurezas, residuos de suelo reduciendo la carga microbiana superficial. La eliminación de partes deterioradas aseguró uniformidad en la materia prima y evitó la presencia de microorganismos contaminantes que puedan interferir en el proceso fermentativo.
3. Preparación de las muestras para los ensayos, inicia con los pesos y medida de los ingredientes, 500 ml de agua, 200 g de sacarosa, 200 g de cáscara de cacao, 10 g de ácido cítrico, 14 g de levadura.
4. Se inicia con el trazado de la cáscara de cacao a 1cm diámetro, posteriormente se reserva 12 unidades de 200 g, posteriormente se midieron el volumen de agua 500mL y la cantidad de aditivos según la formulación establecida.
5. Se pasteuriza a 85 °C por 30 minutos, a la muestra general se agrega 500 ml de agua más los 200 g de azúcar, y 10 g de ácido cítrico.
6. Enfriar a 35 °C el sustrato inicial, se tomó datos cómo pH, Brix y temperatura.

7. Adecuar los biorreactores artesanales, estos deben estar estériles y ubicar el sustrato a 35 °C, agregar los 14 g de levadura *Saccharomyces cerevisiae*.
8. Los biorreactores deben estar adecuados con los capturadores de CO<sub>2</sub>, a partir de sellado inicia los procesos fermentativos, este bioproceso se realiza de forma donde se inició el proceso fermentativo.
9. La fermentación se desarrolló durante un período de 21 días, durante el proceso fermentativo se efectuó la medición de las variables fisicoquímicas establecidas en el estudio.
10. Al finalizar el proceso de fermentación alcohólica, se añadió los 5 gramos por unidad experimental de consorcios microorganismos acidificantes.
11. Por 9 días se sometió a fermentación aeróbica y se incrementó la oxidación a través de los diferentes consorcios microbianos (kéfir, kombucha y levadura), al finalizar este tiempo se tomó los datos de pH, Brix, Alcohol.
12. Posteriormente se estableció la destilación, a través del equipo para destilación simple, es una técnica utilizada en la separación de líquidos (con punto de ebullición <150° C) de impurezas no volátiles y se emplea también para la separación de dos líquidos miscibles cuyos puntos de ebullición estén por debajo de 150° C y difieran al menos en 25° C., a través del equipo de destilación por vapor en un serpentín horizontal, valor de capacidad de 1000 ml.
13. Finalmente, el producto obtenido fue envasado en botellas de vidrio de 500 mL, previamente esterilizadas, selladas con corcho, protegidas con estuche y correctamente etiquetadas.

### 3.5. VARIABLES

#### 3.5.1. Variables independientes

**Tabla 2** Variable independiente

Variable independiente	Descripción	Niveles
Cáscara de cacao	Subproducto del cacao usado como sustrato, para evaluar su	Concentración de cáscara de cacao cuya composición

	efecto en la fermentación y el crecimiento microbiano.	infiere en la fermentación
Inóculos microbianos	Microorganismos empleados para provocar los procesos de fermentación alcohólica y fermentación acética.	Tratamiento (1) levadura, (2) kéfir, (3) Kombucha, (4) mixto, levadura + kéfir + kombucha.

### 3.5.2. Variables dependientes.

**Tabla 3** Variable dependiente

Variable dependiente	Descripción
PH	Medición de acidez del ácido acético
Briz	Medición de turbidez del producto final
Costo de producción	Costo-beneficio del producto final
Rendimiento de producción	Cantidad total obtenida de ácido acético

## 3.6. Unidad Experimental

### 3.6.2. Tratamientos

**Tabla 4** Disposiciones de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Inóculo Microbiano	Composición Microbiano	Número de repeticiones
T1	Levadura (Saccharomyces cerevisiae)	Inoculación de levadura al cultivo para inducir a la fermentación acética.	3
T2	Kéfir (Consortio bacteriano)	Inoculación de Kéfir al cultivo para inducir la fermentación acética	3
T3	Kombucha (Consortio bacteriano)	Inoculación de Kombucha al cultivo para inducir a la fermentación acética.	3
T4	Mixto	Inoculación de levadura + kéfir y Kombucha al cultivo para inducir la fermentación acética.	3

### 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.6.1. *Diseño Estadístico*

**Tabla 5** Esquema de ADEVA

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	11
Tratamientos	3
Error	8

#### 3.6.2. *Manejo del ensayo*

El ensayo se efectuó desde la recolección de cascaras de cacao CCN-51 en unidades productivas de los productores cacaoteros del cantón El Carmen Provincia de Manabí – Ecuador. Donde fueron trasladadas al laboratorio de alimentos de la Universidad Laica Eloy Alfaro extensión el Carmen río suma, donde se desarrolló el proyecto de investigación.

## CAPITULO IV

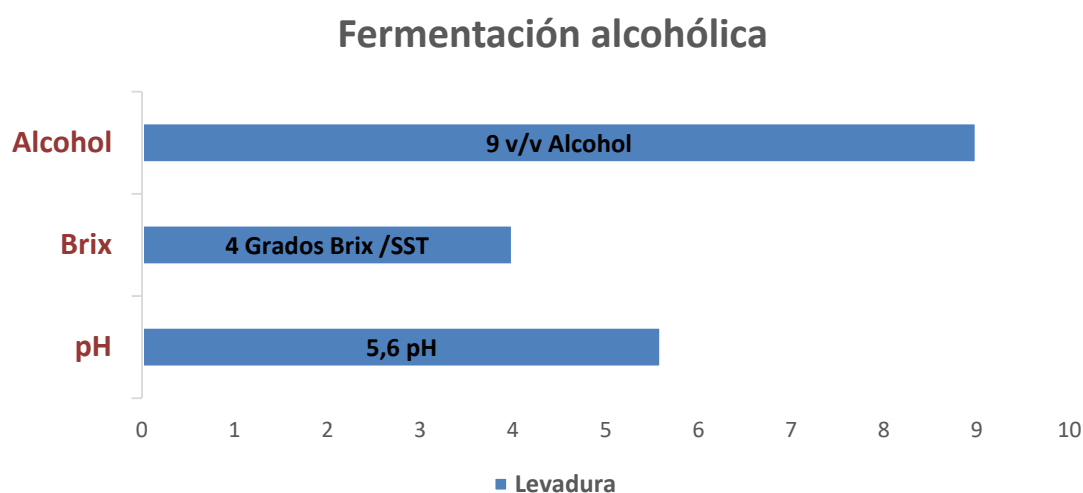
### RESULTADOS

#### 4.1 Fase Alcohólica

Las variables, alcohol, pH, brix en la fermentación alcohólica, el control del pH, °Brix y alcohol en la fermentación alcohólica garantiza estabilidad microbiológica, eficiencia metabólica, adecuada conversión de azúcares y condiciones óptimas para la calidad del bioproceso.

##### 4.1.1. Gráfica Variables de control en la etapa de fermentación Alcohólica

**Gráfico 1** Variables de control en la etapa de fermentación Alcohólica



Los resultados obtenidos en la fase alcohólica de la fermentación de cáscara de cacao muestran un pH de 5,6, un contenido alcohólico de 9 % v/v y 4 °Brix, lo que evidencia una fermentación alcohólica activa y técnicamente adecuada como etapa previa a la fermentación acética. El pH 5,6 se encuentra dentro del rango reportado por otras investigaciones en fermentaciones alcohólicas de subproductos de cacao (pH 5,0–6,0), condición favorable para el posterior crecimiento de bacterias acéticas. El alcohol producido (9 % v/v) indica una eficiente conversión de azúcares fermentables, coherente con la reducción del °Brix a valores bajos, lo que confirma el consumo de sustratos por las levaduras. Fisicoquímicamente, este equilibrio entre pH moderadamente ácido y alta concentración de etanol crea un medio óptimo para la oxidación acética. En consecuencia, estos resultados demuestran que la fermentación alcohólica fue eficiente y constituye una base adecuada para efectuar la fermentación acética y evaluar el rendimiento del proceso en el fermentador anaeróbico, (Gavilanez , 2019).

## 4.2 Fase Acética

### 4.2.1 Variable pH.

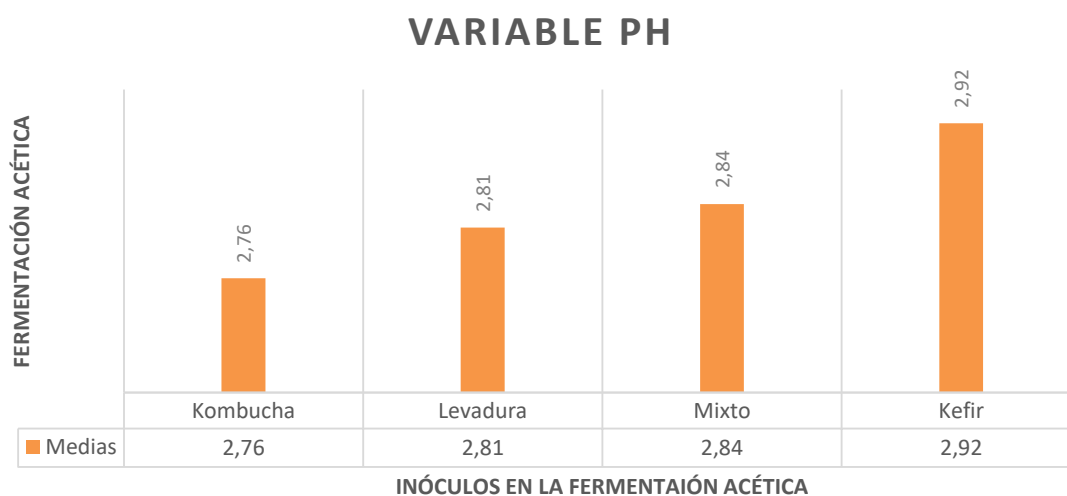
En el análisis estadístico de la variable pH en la fase fermentativa de la cáscara de cacao, el análisis de varianza presenta diferencias no significativas para tratamientos por lo que se acepta la hipótesis nula o de igualdad, es decir el pH es igual con el tratamiento con levadura, Kéfir, Kombucha y mixto.

**Tabla 6** Efecto de los tratamientos microbianos sobre el contenido de sólidos solubles  
*pH fermentación acética cascara de cacao*, HSD Tukey<sup>a,b</sup>

Tratamientos (Inóculo)	Medias	NS
T3- Kombucha	2,7633	a
T1- Levadura	2,8133	a
T4- Mixto	2,8367	a
T2- Kéfir	2,9167	a

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.  
b. Alfa = 0,05.

Los resultados del análisis estadístico del pH en la fase fermentativa de la cáscara de cacao evidencian que no existen diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos con levadura, kéfir, kombucha y el tratamiento mixto, aceptándose la hipótesis nula de igualdad. Los valores de pH obtenidos (2,76–2,92) indican un medio marcadamente ácido, comparable con estudios previos en fermentaciones de subproductos de cacao y frutas tropicales, donde se reportan pH finales entre 2,8 y 3,5 como consecuencia de la producción de ácidos orgánicos y etanol. Desde el punto de vista fisicoquímico, esta acidez se asocia a la metabolización de azúcares y a la generación de compuestos orgánicos que estabilizan el sistema fermentativo. La similitud entre tratamientos sugiere que los distintos inóculos presentan comportamientos metabólicos equivalentes respecto al pH. Estas condiciones son favorables para la siguiente etapa del proceso, ya que un pH bajo y estable facilita el desarrollo de bacterias acéticas, permitiendo efectuar la fermentación acética y evaluar eficientemente el rendimiento del bioproceso en el fermentador anaeróbico.

**Gráfico 2** Datos de pH en fermentación acética, de cascara de cacao.

#### 4.2.2. Variable Brix

En la variable grados Brix, el análisis de varianza presenta diferencias significativas, los datos tienen una distribución normal, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa para los tratamientos con Levadura, kéfir, kombucha y mixto, son diferentes estadísticamente en grados Brix,

De acuerdo con la prueba de significación de Tukey, el tratamiento con Kombucha alcanzó mayor porcentaje de grados Brix, sin embargo, comparte rango de significación con Kéfir y el mixto. Gráfico 2.

**Tabla 7** Datos de Brix en % en fermentación acética, de cascara de cacao.

Tratamientos (Inóculo)	Media	NS
T1- Levadura	0,3667	b
T2- Kéfir	0,7333	a
T4- Mixto	0,7333	a
T3- Kombucha	1,1333	a

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = ,05.

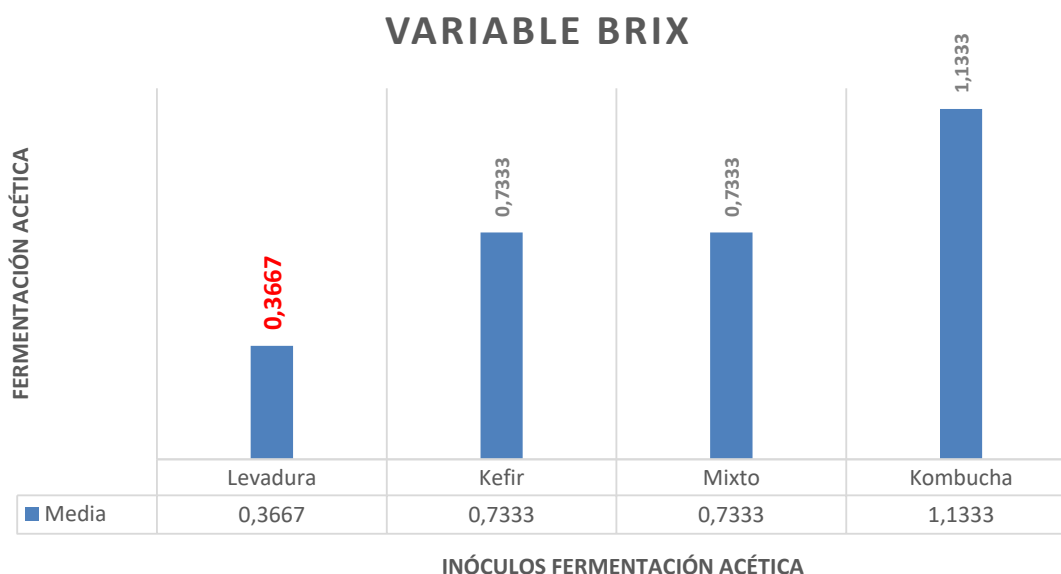
Los resultados de grados Brix en la fermentación acética de mazorca de cacao muestran diferencias significativas (ANOVA,  $\alpha=0.05$ ), con Kombucha (1.13%) superior, aunque compartiendo rango Tukey (a) con Kéfir y Mixto (0.73%), superando a Levadura

(0.37%). Estos bajos valores finales indican alta eficiencia en consumo de azúcares reductores, (Tapay & Campoverde , 2025).

En fermentaciones de cacao, Brix iniciales son 12-23°, descendiendo a 6-8° tras alcohólica-acética por levaduras y bacterias acéticas que metabolizan glucosa/fructosa a etanol y luego ácido acético. Valores <1% finales son excepcionales, sugiriendo consumo casi total (>95%) vs. reportes de 9-11° residuales, confirmando anaerobio- fermentador eficiente, (Moreno & Rodriguez , 2025)

El Brix mide sólidos disueltos (azúcares principalmente); su caída refleja hidrólisis de polisacáridos por enzimas  $\beta$ -galactosidasa/pectinasas, seguida de oxidación etanólica ( $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH \rightarrow 2CH_3COOH$ ). Kombucha destaca por su consorcio (bacterias acéticas + levaduras), maximizando eficiencia (mayor conversión etanol-ácido). Tukey válida homogeneidad Kéfir/Mixto/Kombucha. Eficiencia: Kombucha > Mixto=Kéfir > Levadura, óptima para vinagre (>4% ácido acético), (Ramírez I. , 2025).

**Gráfico 3** Grados Brix



#### 4.2.3. Variable alcohol

En la variable alcohol en v/v, el análisis de varianza ANOVA, presenta diferencias altamente significativas para los tratamientos, porque P valor es menor al valor alfa 0.05%, por lo cual aceptamos la hipótesis alternativa que nos indica que los resultados son diferentes en volumen de alcohol en la fermentación acética con

Levadura, Kéfir, Kombucha y el mixto ente los tres microorganismos antes mencionados.

La prueba de significación de Tukey ubica a las levaduras y el Kéfir comparte estadísticamente como los de mayor producción de alcohol y el mixto con kombucha el que presentó el v/v de alcohol más bajo Tabla 8.

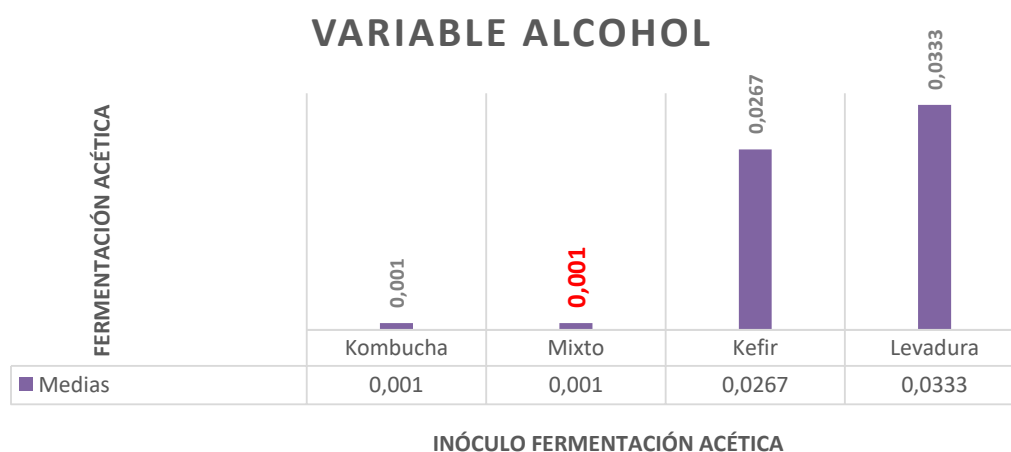
**Tabla 8** Datos de alcohol en v/v en % en fermentación acética, de cáscara de cacao

Tratamientos (Inóculo)	Medias	NS
T3- Kombucha	0,0010	b
T4- Mixto	0,0010	b
T2- Kéfir	0,0267	a
T1- Levadura	0,0333	a

En lo referente a la variable al volumen de alcohol, v/v en % la fermentación acética, de la cáscara de cacao, utilizando tratamientos con microorganismos con levadura, Kéfir, Kombucha y una asociación de los tres microorganismos anteriores, el análisis de varianza presenta diferencias altamente significativas, se acepta la hipótesis alternativa que dice que los tratamientos al menos uno es diferente.

La prueba de significación de Tukey, ubica al tratamiento (T1) levaduras y (T2) kéfir con v/v % más alto en la fase fermentación acética, con 0.0333, kombucha y mixto comparten el mismo rango de significación, gráfico 4.

**Gráfico 4** Datos variables de potencial de alcohol en v/v fermentación cascara de cacao.



En la variable alcohol (v/v %), el ANOVA mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.05$ ), rechazando la hipótesis nula y confirmando que los tratamientos difieren en producción alcohólica durante la fermentación acética de cáscara de cacao. La prueba de Tukey (Tabla 8) agrupó a levadura (0,0333%) y kéfir (0,0267%) como los de mayor rendimiento (rango 'a'), mientras kombucha y mixto (0,0010%) fueron los más bajos (rango 'b').

### 4.3. Fase Destilación

#### 4.3.1. Variable pH.

La prueba HSD de Tukey en pH en fase de destilación de cáscara de cacao reveló diferencias significativas ( $P < 0.05$ ): levadura alcanzó el pH más alto (5,1; rango 'a'), favoreciendo menor acidez; kombucha (3,12) y kéfir (3,72) compartieron rango 'b' (ácidos moderados); mixto fue el más ácido (2,18; 'c'), indicando mayor producción de ácido acético por sinergia microbiana. Fisicoquímicamente, pH bajos ( $< 3.5$ ) optimizan la oxidación etanol-acético por *Acetobacter* (óptimo 3.5-6.5), esencial para vinagre (4-6% ácido acético); levadura retiene pH alto por menor actividad acética, mientras mixto acelera la acidificación.

**Tabla 9** Tabla pH en la etapa de fase de destilación

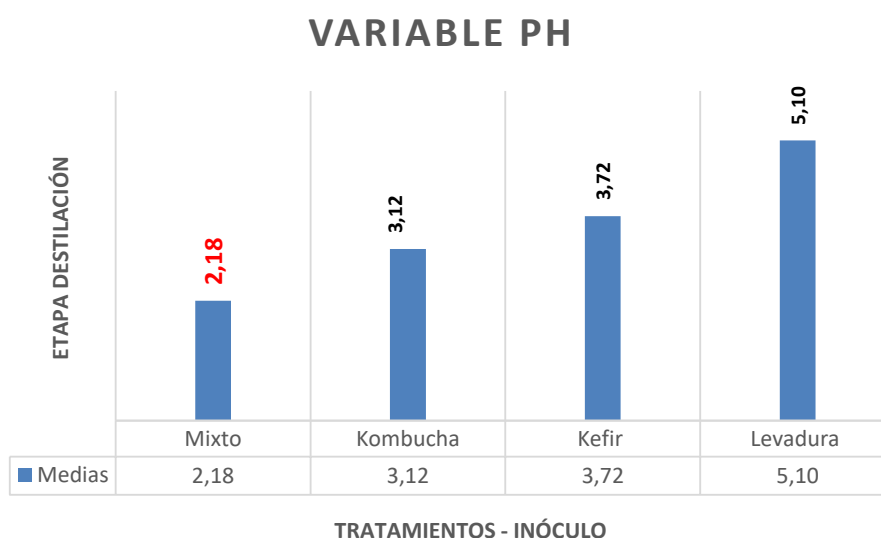
<i>pH fermentación acética en cáscara de cacao HSD Tukey<sup>a,b</sup></i>		
Tratamientos (Inóculo)	Medias	NS
T1- Levadura	5,1	a
T2- Kéfir	3,72	b
T3- Kombucha	3,12	b
T4- Mixto	2,18	c

Varios autores coinciden con los valores con vinagres frutales (pH 2.5-4.0 en residuos como piña, 7.8% acético) y cacao fermentado (4.5-5.8). En vinagre, pH ~2.4-3.4 maximiza estabilidad y conservación, (López & García, 2010).

Producir vinagre de cáscara de cacao impulsa la economía circular, transformando ~70% de residuos cacaoteros (cáscaras, mucílago) en subproducto valioso, reduciendo emisiones de metano por descomposición anaeróbica y contaminación hídrica. Este ciclo

cierra flujos: residuos → fermentación → vinagre (conservante natural, biofertilizante), generando ingresos rurales en Ecuador sin deforestación adicional. Sustituye químicos sintéticos en agricultura orgánica, promoviendo bioeconomía regenerativa: menor huella de carbono, empleos verdes y ODS 12-13. Enfoque circular posiciona al cacao como modelo sostenible, valorizando desechos en ~US\$1-2/L vinagre artesanal, (Loor, 2024).

**Gráfico 5** Comparación de los inóculos en la variable pH



Los resultados de pH en la fase de destilación de la fermentación acética de mazorca de cacao muestran variaciones significativas según el inóculo, con el mixto logrando la mayor acidificación. Estos valores indican eficiencia en la producción de ácido acético por bacterias acéticas, alineándose parcialmente con rangos estándar de (López & García , 2010)

El pH de levadura (5.1a) coincide con óptimos para cacao fermentado (4.75-5.19 indica buena fermentación), donde  $\text{pH} > 5$  sugiere actividad limitada de bacterias acéticas. Kombucha (3.12b) y kéfir (3.72b) producen pH más bajos, típicos de sus procesos (2.5-3.5), gracias a ácidos orgánicos como acético y láctico, pero por debajo del ideal para BAB (5-6.5). El mixto (2.18c), el más ácido, supera acidificaciones reportadas (hasta 4.5), indicando posible sobre fermentación), (Santa Cruz , 2022)

Para el pH en fermentación acética, el ANOVA también indicó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), aceptando la hipótesis alternativa. Tukey posicionó a levadura con el pH más alto (5,01), superando a kombucha, kéfir y mixto, que compartieron rangos similares y más ácidos.

Estos resultados destacan el superior desempeño de levadura en alcohol y pH, sugiriendo su optimización en procesos fermentativos de cacao.

En la fase acética, etanol se oxida a ácido acético ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$ ), liberando  $\text{H}^+$  y bajando pH, favorecido en anaerobio-fermentor por difusión en cáscara. pH bajos ( $<4$ ) inhiben enzimas proteolíticas (óptimo 5-5.5) y promueven sabores amargos/excesivamente ácidos, reduciendo eficiencia sensorial. Tukey (NS) confirma diferencias ( $a>b>c$ ); mixto es más eficiente en acidogénesis, pero levadura equilibra para calidad, (Vera & Ortiz , 2019)

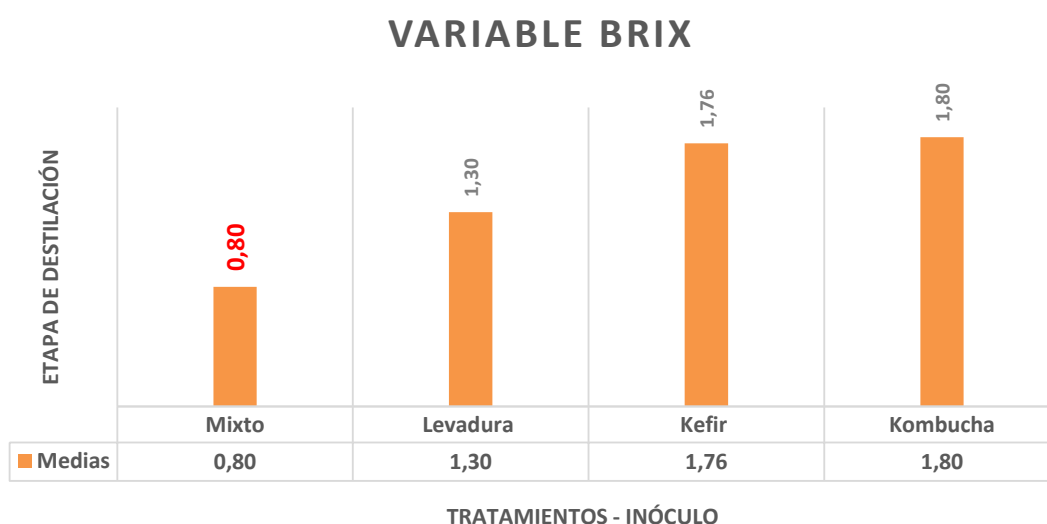
Eficiencia comparativa el inóculo mixto es mayor a la kombucha/kéfir y estas son mayores a la levadura, midiendo por acidificación, aunque óptimo industrial  $\sim 4.8-5.2$ .

#### 4.3.2. Variable Brix

En la variable Grados Brix en la fase de destilación mediante la cáscara de cacao, con diferentes tratamientos, el análisis de varianza presenta diferencias significativas entre los tratamientos, estadísticamente son diferentes, aceptamos la hipótesis alternativa que dice que los resultados al menos uno es diferente

La prueba de significación de Tukey ubica al tratamiento kombucha con el grado Brix más alto, sin embargo, comparte el mismo rango de significación con kéfir, y mixto con el valor más bajo de Grados Brix.

**Gráfico 6** Variable BRIX- Etapa de destilación



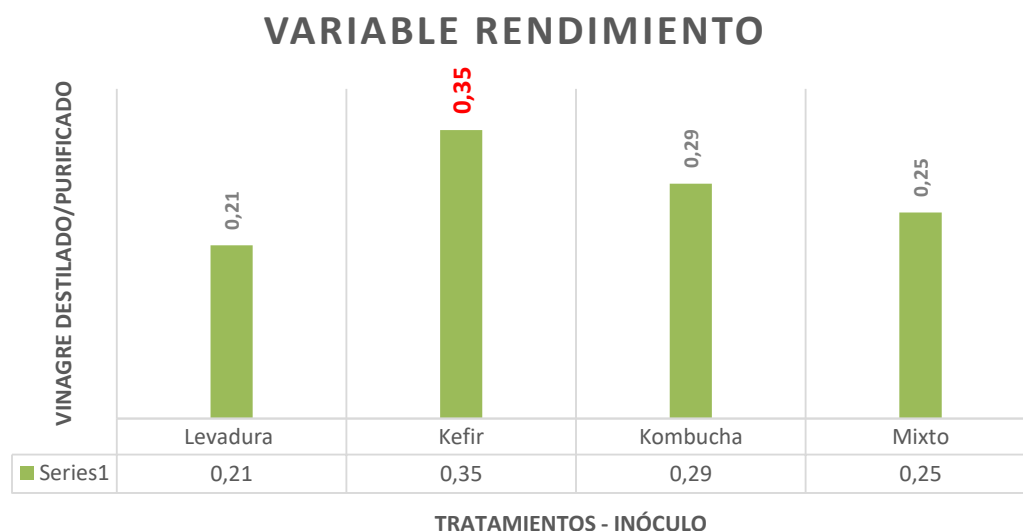
En la variable °Brix durante la fase de destilación de la cáscara de cacao se evidencian diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), aceptándose la hipótesis alternativa. La prueba de Tukey muestra que el tratamiento kombucha presentó el valor más alto de °Brix (1,80), compartiendo rango estadístico con kéfir (1,76) y levadura (1,30), mientras que el mixto registró el menor contenido de sólidos solubles (0,80). Fisicoquímicamente, la disminución de °Brix refleja la conversión progresiva de azúcares fermentables primero en etanol y posteriormente en ácido acético, proceso clave en la obtención de vinagre. Valores bajos de °Brix concuerdan con reportes de otros autores, quienes señalan rangos finales entre 0,5 y 2,0 °Brix en fermentaciones acéticas eficientes. Este aprovechamiento de azúcares confirma la eficiencia metabólica de los microorganismos. Desde una perspectiva social y económica, el uso de subproductos como la cáscara de cacao fortalece la economía circular, generando valor agregado, reduciendo residuos y creando nuevas oportunidades de ingresos para pequeños productores rurales.

#### ***4.3.3. Variable Rendimiento.***

El rendimiento de ácido acético destilado obtenido mediante un sistema de destilación por transferencia de calor, con serpentín horizontal y balón de 1 L, evidencia diferencias claras entre tratamientos microbianos. A partir de unidades experimentales homogéneas de 5 410 ml y una muestra a destilar de 500 ml hasta alcanzar un  $\text{pH} \leq 3,5$ , el tratamiento con kéfir presentó el mayor rendimiento (0,35 L), seguido de kombucha (0,29 L), mixto (0,25 L) y levadura (0,21 L). Estos resultados indican que los consorcios microbianos complejos, como el kéfir y la kombucha, favorecen una mayor oxidación del etanol a ácido acético, debido a la sinergia metabólica entre bacterias acéticas y otros microorganismos asociados. Fisicoquímicamente, un mayor rendimiento se relaciona con una conversión más eficiente del alcohol residual y una acidez final estable, compatible con valores reportados por otros autores, quienes señalan rendimientos superiores cuando se emplean cultivos mixtos o naturales en fermentaciones acéticas de subproductos agroindustriales. Desde el enfoque socioeconómico, la obtención de ácido acético o vinagre a partir de cáscara de cacao representa una estrategia de economía circular que transforma residuos en productos con valor comercial. Esto fortalece los ingresos de pequeños agricultores, reduce pérdidas postcosecha y promueve sistemas productivos sostenibles con impacto local y regional.

### 4.3.3. Variable Rendimiento

Gráfico 7 Variable Rendimiento



### 4.3.4. Variable Costos

Tabla 10 Comparativa por tratamientos y marcas comerciales

Inóculo	Costos/ Total	Volumen/ Total	Precio/ Materia Prima Producción Lt	Precio productos Comerciales/Lt	Marcas
T1- Levadura	1,9	2,1	0,90	0,58	Sabor
T2- Kéfir	1,8	3,5	0,51	0,72	Marcello's
T3- Kombucha	3,3	2,85	1,16	0,65	La Original
T4- Mixto	4,4	2,5	1,76	0,55	Snob

El análisis económico de los tratamientos evaluados evidencia diferencias relevantes en costos, volúmenes y precios de producción, lo que permite estimar su potencial comercial dentro de un enfoque de economía circular. El tratamiento con kéfir presenta el mejor equilibrio costo–volumen, con un costo total de 1,8, una producción de 3,5 L y un precio por litro de 0,51 USD, inferior al precio comercial de referencia (0,72 USD, marca Marcello's), lo que demuestra alta competitividad y margen económico favorable. El tratamiento con levadura, aunque con menor volumen (2,1 L) y un costo similar (1,9), alcanza un precio de producción de 0,90 USD/L, superior al precio de mercado (0,58 USD), limitando su viabilidad comercial. En el caso de kombucha y el

tratamiento mixto, los costos más elevados (3,3 y 4,4, respectivamente) incrementan el precio final por litro, superando los valores de marcas comerciales como La Original (0,65 USD/L), lo que reduce su competitividad inmediata. Sin embargo, desde una perspectiva social, económica y ambiental, el aprovechamiento de cáscara de cacao como materia prima transforma un residuo en un producto con valor agregado, fortaleciendo ingresos de pequeños agricultores, reduciendo impactos ambientales y promoviendo sistemas productivos sostenibles, alineados con principios de economía circular y desarrollo rural inclusivo.

## **CAPITULO V. CONCLUSIONES**

### **5.1. Fermentación de la cáscara de cacao como sustrato precursor.**

La fermentación alcohólica de la cáscara de cacao CCN-51 permitió obtener un sustrato precursor adecuado para la producción de ácido acético, evidenciado por valores de pH acidez, reducción significativa de °Brix y generación de alcohol fermentativo. Estos resultados confirman que este subproducto agroindustrial posee condiciones fisicoquímicas favorables para procesos biotecnológicos, coincidiendo con lo reportado por otros autores en fermentaciones de residuos lignocelulósicos del cacao. Desde el enfoque social y ambiental, este proceso contribuye a la valorización de residuos, alineándose con el ODS 12 (Producción y consumo responsables) y el ODS 13 (Acción por el clima), además de responder al Plan Nacional 2025 en el eje de sostenibilidad productiva y bioeconomía.

### **5.2. Fermentación acética y eficiencia del proceso**

La fermentación acética empleando bacterias acéticas resultó eficiente, destacándose los tratamientos con cultivos (T4) mixtos y (T2) kéfir, por su mayor rendimiento en ácido acético y estabilidad del pH final ( $\leq 3,5$ ). La conversión efectiva del etanol en ácido acético demuestra una adecuada actividad metabólica de los microorganismos, comparable con estudios previos que señalan ventajas del uso de consorcios microbianos. Este proceso fortalece el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) y el ODS 2 (Hambre cero), al generar innovación agroindustrial y alternativas tecnológicas accesibles para pequeños productores rurales.

### **5.3. Costos de producción del ácido acético.**

El análisis de costos evidenció que el tratamiento con kéfir presentó la mejor relación costo–volumen–precio, logrando un valor por litro inferior al de productos comerciales, lo que demuestra su viabilidad económica. Esta competitividad permite a pequeños agricultores transformar un residuo sin valor comercial en un producto con potencial de mercado, fortaleciendo ingresos y reduciendo dependencia de insumos externos. En este contexto, la investigación aporta al ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) y al ODS 1 (Fin de la pobreza), promoviendo economías locales resilientes. Asimismo, se alinea con el Plan Nacional 2025 al impulsar cadenas productivas sostenibles, inclusión económica y aprovechamiento eficiente de recursos agroindustriales.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

### ***5.2.1. Estandarización y optimización del proceso.***

Se recomienda estandarizar las condiciones operativas del bioproceso (pH, °Brix, temperatura, tiempo de fermentación e inoculación microbiana), estableciendo protocolos técnicos validados que permitan reproducibilidad, mayor eficiencia de conversión de azúcares a ácido acético y calidad constante del producto final. Esta estandarización facilitará la optimización del proceso a diferentes escalas productivas y su futura transferencia tecnológica a pequeños y medianos productores, fortaleciendo la sostenibilidad técnica y económica del sistema.

### ***5.2.2. Mecanización y automatización de equipos.***

Se sugiere incorporar progresivamente equipos mecanizados y sistemas automatizados para el control de variables críticas (sensores de pH, temperatura y °Brix, sistemas de aireación y destilación controlada), con el fin de reducir errores operativos, tiempos de procesamiento y costos de mano de obra. La automatización contribuirá a mejorar la eficiencia productiva, la inocuidad del proceso y la competitividad del ácido acético obtenido, promoviendo la modernización agroindustrial bajo un enfoque de economía circular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcon, B. D. (2025). *Desarrollo De Una Barra Energética Saludable Con Harina De Cascarilla De Cacao (Theobroma Cacao L.) Y Jarabe De Yacón (Smallanthus Sonchifolius)*. Universidad Nacional De San Cristóbal De Huamanga.
- Alcalde, T. (2021). *Obtención Innovada De Sidra De Manzana Caña (Malus Domestica. Granny Smith De Color Verde Luminoso) Por Fermentación Alcohólica (Saccharomyces Cerevisiae) En Reactores Brewmart Anivel Piloto Para Unidades Familiares*. Facultad De Ingeniería Química Y Metalúrgica.
- Aroma, P. Y. (2022). Producción Y Exportación Del Cacao Ecuatoriano Y El Potencial Del Cacao Fino De Aroma. *Revista Científica Y Tecnológica QANTU YACHAY "Saber De La Cantuta" (QUECHUA) Revista Multidisciplinaria*, 2(1), 8-15. <https://doi.org/10.54942/Qantuyachay.V2i1.17>
- Bonilla, C., Hernández, R., Navas, V., Alvarado, J., & Oviedo, R. (2023). Efecto Del Ácido Acético Sobre La Microbiota Intestinal (Escherichia Coli Y Lactobacillus Spp.) Y Parámetros Zootécnicos En Pollos De Engorde. *Revista Agrociencia*, 6(23), 36-43. <https://doi.org/10.5281/Zenodo.10233926>
- Cardozo, C. E., Monroy, L., Flórez, D. F., Rodríguez, L. M., & Alarcón, Y. M. (2023). Conceptos De Economía Circular Aplicados Al Sector Agropecuario Cundiboyacense. *Revista Universidad Y Sociedad*, 15(1), 269-276. <https://doi.org/Rus.Ucf.Edu.Cu/Index.Php/Rus/Article/View/3539>
- Cornejo, R. A., & Castro, E. (2023). *Evaluación Física-Química De La Canal En Conejos Raza Nueva Zelanda Alimentados Parcialmente Con Harina De Cáscara De Cacao (Theobroma Cacao L.)*. Jipijapa-Unesum.
- Corporación Financiera Nacional (CFN). (2018). *Cultivo De Cacao Elaboración De Cacao Chocolate*. <https://doi.org/https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Cacao.Pdf>
- 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](https://doi.org/Scielo.Senescyt.Gob.Ec/Scielo.Php?Pid=S2477-90752022000100001&Script=Sci_Arttext)
- Curioso, B. (2022). *Obtención Innovada Del Vinagre De Manzana Delicia (Malus Domestica-Red Delicious) Por Fermentación Alcohólica (Saccharomyces Cerevisiae) Seguido De Una Oxidación Por Acetobacter A Nivel Piloto Para*

- Unidades Familiares*. Escuela Profesional De Ingeniería Química.
- Díaz, M. A., Cervantes, X. P., & Chesme, C. L. (2023). Sostenibilidad En El cultivo De Cacao (*Theobroma Cacao L.*) Por Las Oportunidades De Economía Circular Para La Provincia Los Ríos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 16. [https://doi.org/10.37811/Cl\\_Rcm.V7i4.7342](https://doi.org/10.37811/Cl_Rcm.V7i4.7342)
- Duarte, C. S. (2024). *Posibilidades De Valorización De Cascarilla De Cacao Mediante Procesos De Fermentación*. Universidad De Oviedo.
- Falla, J. C., Díaz, D. V., Marín, S. V., Cabezas, C. C., & Montenegro, S. (2024). Prototipo De Reactor Batch Secuencial A Escala De Laboratorio Con Un Difusor De Aire En Forma De Espiral. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería ACOFI 2024*, 1(1), 25. <https://doi.org/10.26507/Paper.3736>
- García, I. N. (2025). *Elaboración Y Caracterización De Una Película Biodegradable Proveniente Del Mucílago De Nopal, Almidón De Papa, Glicerol Y Ácido Acético Para La Sustitución De Plásticos Convencionales*. Fundación Universidad De América.
- Gavilanez, M. (2019). *Estudio De Factibilidad Técnico Para La Aceptación Del Nuevo Vino, A Partir De La Cascarilla De Cacao En La Fabrica La Pepa De Oro*. Repositorio Universidad Bolivariana. <http://repositorio.itb.edu.ec/handle/123456789/449>
- Imbernó, A. L. (2023). Innovación Y Economía Circular, Un Binomio Perfecto. *Economía Y Desarrollo*, 167(2), 21. [https://doi.org/10.37811/Cl\\_Rcm.V7i4.7342](https://doi.org/10.37811/Cl_Rcm.V7i4.7342)
- Loor, C. D. (2024). Ácido Acético Como Aditivo Alimentario Para Mejorar El Rendimiento Productivo En Pollos Cobb 500. *Alfa Revista De Investigación En Ciencias Agronómicas Y Veterinaria*, 8(24), 1042-1055. <https://doi.org/10.33996/Revistaalfa.V8i24.322>
- López, F., Y García, J. (2010). Biorrefinería De Materiales Lignocelulósicos. *Dialnet*. [https://doi.org/10.37811/Cl\\_Rcm.V7i4.7342](https://doi.org/10.37811/Cl_Rcm.V7i4.7342)
- Ministerio De Agricultura Y Ganadería. (2024). *Agromercadeo Y Responsabilidad Social En La Agricultura*. Ministerio De Agricultura Y Ganadería.
- Moreno, J., Y Rodríguez, R. (2025). Influencia Del Procesado Sobre El Perfil Volátil Y Su Impacto En La Calidad De Variedades Comerciales De Cacao (*Theobroma Cacao L.*) Procedentes De Ecuador. *Repositorio Institucional De La Universidad*

- De Córdoba*. <https://Helvia.Uco.Es/Handle/10396/32253>
- Palacios, K., Álcivar, L., Posligua, C., Romero, M., & Rosero, E. (2019). DISEÑO DE Un Biorreactor Para La Obtención De Ácido Acético A Partir Del Vino De Mucílago De Cacao (*Theobroma Cacao L.*). *Revista De Ciencias Agropecuarias ALLPA*, 1(1), 51-61. <https://doi.org/Publicacionescd.Uleam.Edu.Ec/Index.Php/Allpa/Article/View/4>
- 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.
- Pullupaxi, D. Á. (2025). *Métodos De Fermentación De Cacao (Theobroma Cacao L.) CCN51 Para El Mejoramiento De Los Perfiles Físicos-Químicos Y Sensoriales 51 Para El Mejoramiento De Los Perfiles Físicos-Químicos Y Sensoriales*. Universidad Técnica De Babahoyo.
- Ramírez , I. (2025). *Valorización De La Cascarilla De Cacao Para Laproducción De Extractos Bioactivos Utilizandoprosos Medioambientalmente Limpios*. Universidad Autónoma De Madrid. <http://hdl.handle.net/10261/407185>
- Ramírez, C. A. (2024). *Pectina De Albedo De La Mazorca De Cacao Como Subproducto Del Proceso De Cosecha* . Universidad Andina Simón Bolívar.
- 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>
- Ricaurte, P. S., & Quiñonez, A. N. (2024). *Obtención De Ácido Acético A Base Del Fermento Natural Del Mucílago De Cacao*. Riobamba, Universidad Nacional De Chimborazo.
- Rodriguez, G. C. (2023). *Modelo De Granja Integral Con Enfoque En Economía Circular Para Pequeños Productores Agropecuarios*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- Rosales, B. S., García, L., Pérez, J. G., Contreras, E., Pérez, E., & García, C. (2024). Influencia De La Fermentación Del Cacao Y Del Uso De Cultivos Iniciadores Sobre Las Características Organolépticas Del Chocolate: Un Análisis Integral. *Ädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 12(23), 31-43. <https://doi.org/10.29057/Icibi.V12i23.12047>
- Salinas, L. R. (2022). *Efecto De La Sustitución De Harina De Trigo (Triticum Aestivum)*

- Por Cascarilla De Cacao (Theobroma Cacao L.) En Polvo Sobre Las Características Fisicoquímicas Y Sensoriales En Muffins.* Universidad Privada Antenor Orrego.
- Sánchez, Y., Trujillo, L., Hernández, A., Cuervo, L., Sablón, N., & Marqués, M. (2023). Una Aproximación A La Economía Circular Y Su Contribución En El Contexto De La Pandemia. *Información Para Directivos De La Salud*, 40(E1336), 24. <https://doi.org/10.1016/j.infad.2023.100000>
- Santa Cruz , E. (2022). Aprovechamiento De Residuos De Plátano, Camu Camu, Cocona, Carambola, Jugo De Caña Y Ají Charapita En La Elaboración De Vinagre. *Dialnet*, 83. <https://doi.org/10.21704/ac.v83i2.1959>
- Soto, C. (2021). *Efecto Del Ácido Acético En Diferentes Dosis Para El Control De Malezas En El Cultivo Del Cacao (Theobroma Cacao L.) En Tingo María.* Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Souza, L. P., Valladares, K. K., Amaro, G., Murawski, A. F., Sarmiento, Z., Zwiercheczewski, P., . . . Ricardo, C. (2022). Producción De Biomoléculas De Valor Añadido A Partir De Cáscaras De Mazorcas De Cacao: Una Revisión. *Tecnología De Biorrecursos*, 344(Parte B), 11. <https://doi.org/10.1016/j.bior.2021.126252>
- Tapay, M., Y Campoverde , C. (2025). Aprovechamiento Integral De La Mazorca Del Cacao: Una Visión Desde La Ingeniería Y La Gestión Sostenible. *G-Nerando*. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i2.822>
- Tarrillo, M. (2023). *Niveles Nutricionales Y Características Fisicoquímicas Del Ensilaje De Cáscara De Cacao (Theobroma Cacao L) Adicionando Microorganismo Eficientes En Tingo María.* Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Ureta, M. I., Mera, R. B., Franco, S. M., & Vera, J. M. (2023). Factores Culturales En La Producción De Cacao En Manabí-Ecuador. *Rehuso*, 8(2), 60-74. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v8i2.5744>
- Vera , D., Y Ortiz , D. (2019). Desarrollo De Vinagre De Frutas A Partir De Cáscaras Generadas Como Residuo Sólido En Una Despulpadora De Fruta De La Ciudad De Bucaramanga. *FITEC*, 3. <https://www.fitecvirtual.org/ojs-3.0.1/index.php/clic/article/view/306>

## ANEXOS

### Anexo 1.

Selección de la materia prima.



La cáscara de cacao CCN51 fue debidamente lavada y cortada.

### Anexo 2.



Pesado de los 200 gramos de azúcar de mesa.

### Anexo 3.



Medición de 500ml de agua para el sustrato.

**Anexo 4.**

Medición de un litro de agua hervida en recipiente para la solución de levadura.

**Anexo 5.**

Inoculación de 40ml de levadura al sustrato para fermentación alcohólica.

**Anexo 6.**

Sellado hermético de todas las unidades experimentales para su fase alcohólica.

**Anexo 7.**

Control de temperatura del sustrato

**Anexo 8.**

Medición de volumen de alcohol

**Anexo 9.**

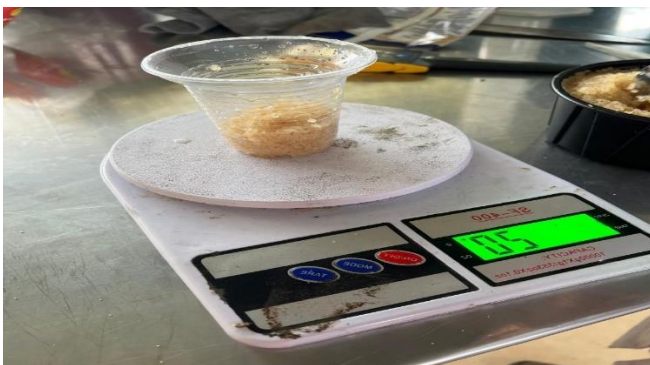
Medición de PH

**Anexo 10.**

Medición de grados Brix etapa alcohólica

**Anexo 11.**

Disolución de levadura para etapa acetificación.

**Anexo 12.**

Pesado de inoculación del kéfir

**Anexo 13.**

Unidades experimentales cubiertas por el lienzo para su aireación.

**Anexo 14.**

Medición de grados Brix etapa de acetificación

**Anexo 15.**

Proceso de destilación



# Johao Fernando Cevallos García - Plagio

2%  
Textos  
sospechosos

- 2% Similitudes
  - < 1% similitudes entre comillas
  - 0% entre las fuentes mencionadas
- 4% Idiomas no reconocidos (ignorado)
- 27% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Johao Fernando Cevallos García - Plagio.docx  
ID del documento: 4fbb3cea341f03055da6516bb0d752cca1b04691  
Tamaño del documento original: 125,08 kB

Depositante: ELIZABETH TACURI TROYA  
Fecha de depósito: 1/2/2026  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 1/2/2026

Número de palabras: 7650  
Número de caracteres: 51.919

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18341">dspace.utb.edu.ec</a>   Métodos de fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) CC... 2 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (178 palabras)
2	<a href="http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13212/1/Angie_Quiñonez-Obtención%20de%20ácido%20acético">dspace.unach.edu.ec</a> http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/13212/1/Angie_Quiñonez-Obtención de ácido ac...	2%		Palabras idénticas: 2% (180 palabras)
3	<b>Gordillo A-Fermentación acética del mucílago de cacao a través de u...</b> #303b03 Viene de de mi biblioteca	2%		Palabras idénticas: 2% (115 palabras)
4	<a href="http://www.repositorio.usac.edu.gt/20595/1/22_Tg(1337)AGRO_PONCE_MARTINEZ,_SARA_MARI...">www.repositorio.usac.edu.gt</a>   Evaluación de tres métodos de fermentación y c... http://www.repositorio.usac.edu.gt/20595/1/22_Tg(1337)AGRO_PONCE_MARTINEZ,_SARA_MARI...	2%		Palabras idénticas: 2% (131 palabras)
5	<a href="https://doi.org/10.29057/ici.v1i2i3.12047">doi.org</a>   Influencia de la fermentación del cacao y del uso de cultivos iniciadores ... 1 fuente similar	1%		Palabras idénticas: 1% (105 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15517/3/27T00469.pdf.txt">dspace.esPOCH.edu.ec</a>   Elaboración de una bebida fermentada con tres varieda... http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15517/3/27T00469.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	<b>Bélgica Rosemary Basurto Vélez- Plagio.docx</b>   Bélgica Rosemary Basur... #4d3ecd Viene de de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	<b>Documento de otro usuario</b> #2717ad Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
4	<b>Ashley Nahomi Solórzano Rodríguez -Plagio.docx</b>   Ashley Nahomi Soló... #e96ccf Viene de de mi biblioteca	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
5	<b>Documento de otro usuario</b> #c042bf Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

*Handwritten signature and date: 7/16/2026*