



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

### **CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA**

### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS  
AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE  
YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Médico Veterinario

**Autor:**  
Caiza Caillagua Jhon Jairo

**Tutora:**  
Silva Déley Lucia Monserrath

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo 2026**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Caiza Caillagua Jhon Jairo, con cédula de ciudadanía No. 1751222660, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUAR EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”**, siendo la Ingeniera Mg. Lucia Monserrath Silva Deley, Tutora del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 3 de marzo del 2026

Jhon Jairo Caiza Caillagua  
C.C: 1751222660  
**ESTUDIANTE**

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CAIZA CAILLAGUA JHON JAIRO**, identificado con cédula de ciudadanía 1751222660 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUAR EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Septiembre 2019 - Febrero 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ingeniera Mg. Lucia Monserrath Silva Deléy

Tema: **“EVALUAR EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”**

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 3 días del mes de marzo del 2026.

Jhon Jairo Caiza Caillagua  
**EL CEDENTE**

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

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

**“EVALUAR EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”**, de Caiza Caillagua Jhon Jairo, de la carrera de Medicina Veterinaria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 3 de marzo del 2026

Ing. Lucia Monserrath Silva Déley, Mg.  
C.C: 0602933673  
**DOCENTE TUTORA**

## **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Caiza Caillagua Jhon Jairo, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUAR EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”**, he considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 3 de marzo del 2026

DMV. Ediberto Chacón Marcheco, Ph.D.  
C.I: 1756985691  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

Dra. Blanca Mercedes Toro Molina, Mg.  
C.C: 0501720999  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

Dra. Nancy Margoth Cueva Salazar, Mg.  
C.C: 0501616353  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por acompañarme en cada paso de este camino, por darme la fortaleza, la paciencia y la vocación necesaria para no rendirme y lograr culminar esta etapa tan importante de mi vida profesional.*

*Expreso mi más profundo agradecimiento a mi Tutora Ing. Lucia Monserrath Silva Deley Mg. Por su guía, dedicación y confianza, así como a los docentes de la carrera de Medicina Veterinaria, quienes con su enseñanza y ejemplo contribuyeron de manera significativa a mi formación académica y humana.*

*De manera especial, agradezco a mi familia, quienes han sido mi mayor pilar. A mi papá, por su esfuerzo constante, su apoyo constante, su apoyo incondicional y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles; a mi hermano, por su compañía, ánimo y palabras de aliento; y a mis abuelitos paternos, por su amor infinito, sus consejos y por ser un ejemplo de perseverancia y sabiduría que me inspiran cada día.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo, ya que cada aporte fue importante para alcanzar este logro tan significativo en mi vida.*

**Jhon Jairo Caiza Caillagua**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo, en primer lugar, a mi madre, quien ha sido y siempre será el pilar más importante de mi vida. Su amor incondicional, su fortaleza, su sacrificio y sus enseñanzas marcaron profundamente mi camino y fueron la base que me permitió llegar hasta aquí. Aunque hoy no pueda abrazarla físicamente, su presencia vive en cada logro, en cada esfuerzo y en cada paso que doy. Ella ha sido mi mayor inspiración y la razón por la que nunca dejé de luchar por mis sueños.*

*Asimismo, dedico este logro a mis dos abuelitos maternos, mis ángeles en el cielo, quienes con su amor, consejos y ejemplo de vida sembraron en mí valores que me acompañarán siempre. Su apoyo, aun desde la distancia eterna, ha sido una fuente constante de fuerza y consuelo durante este proceso. Sé que desde donde están me cuidan, me guían y celebran conmigo este sueño hecho realidad.*

*Este trabajo es un homenaje a su memoria y al amor que continúa viviendo en mi corazón. Todo lo que soy y todo lo que he logrado lleva su huella.*

***Jhon Jairo Caiza Caillagua***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS AL ÚLTIMO MES CON TRES NIVELES DE FERMENTACIÓN DE YUCA COMO FUENTE DE PROBIÓTICOS”.**

**Autor:**

Caiza Caillagua Jhon Jairo

**RESUMEN**

La búsqueda de fuentes alimenticias no convencionales constituye una estrategia relevante para sostener la rentabilidad de la producción avícola sin comprometer el desempeño biológico de las aves. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de bebida fermentada de yuca en niveles del 2 %, 4 % y 6 % sobre el comportamiento productivo, la rentabilidad económica en pollos de engorde durante un ciclo de 42 días. Se emplearon 100 aves de un día de edad, distribuidas en un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos (0 %, 2 %, 4 % y 6 %) y cinco repeticiones por tratamiento. Se verificó la inocuidad del suplemento mediante un control externo, que reflejó un pH 3,92, aerobios mesófilos de 872 UFC/g, ausencia de coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras, y metales pesados no detectables. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas en el peso vivo final entre tratamientos ( $p = 0,2641$ ), lo que indica equivalencia productiva en el cierre del ciclo. La conversión alimenticia presentó diferencias en una evaluación intermedia (día 32;  $p = 0,0218$ ), sin sostenerse al final del periodo (día 39;  $p = 0,0963$ ), lo que sugiere un comportamiento temporal asociado a la adaptación al suplemento. Se observó una reducción significativa del peso del intestino delgado en los grupos suplementados ( $p = 0,0030$ ), sin variaciones estadísticas en bursa, timo y bazo ( $p > 0,05$ ). Finalmente, el análisis económico identificó el mejor desempeño en el nivel de inclusión del 4 %, con una relación beneficio/costo de 1,64. En conjunto, la bebida fermentada de yuca se proyecta como una alternativa viable en fase de finalización, al mantener el rendimiento productivo dentro de rangos comerciales, asociarse con una respuesta fisiológica intestinal medible y optimizar la rentabilidad en el nivel de inclusión señalado.

**Palabras clave:** Bebida fermentada de yuca; Probiótico; Conversión alimenticia; Pollos de engorde; Relación beneficio/costo.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES FACULTY**

**THEME: “EVALUATION OF PRODUCTIVE PERFORMANCE IN CHICKENS AT THE LAST MONTH WITH THREE LEVELS OF YUCCA (Cassava) FERMENTATION AS A SOURCE OF PROBIOTICS”.**

**Author:**

Caiza Caillagua Jhon Jairo

**ABSTRACT**

The search for unconventional feed sources constitutes a relevant strategy to hold the profitability of poultry production without compromising the biological performance of birds. In this context, the present research aimed to evaluate the effect of including fermented cassava beverage at levels of 2%, 4%, and 6% on productive performance and economic profitability in broiler chickens during a 42-day production cycle. A total of 100 one-day-old chicks were used, distributed in a Completely Randomized Design with four treatments (0%, 2%, 4%, and 6%) and five replicates per treatment. The safety of the supplement was verified through external laboratory analysis, which reported a pH of 3.92; mesophilic aerobic bacteria of 872 CFU/g; absence of total coliforms, *Escherichia coli*, molds, and yeasts; and non-detectable levels of heavy metals. Statistical analysis showed no significant differences in final body weight among treatments ( $p = 0.2641$ ), indicating productive equivalence at the end of the cycle. Feed conversion ratio showed significant differences at an intermediate evaluation (day 32;  $p = 0.0218$ ); however, this difference was not maintained at the end of the period (day 39;  $p = 0.0963$ ), suggesting a transient effect possibly associated with adaptation to the supplement. A significant reduction in small intestine weight was observed in the supplemented groups ( $p = 0.0030$ ), with no statistical differences in the evaluated lymphoid organs (bursa, thymus, and spleen) ( $p > 0.05$ ). Finally, economic analysis identified the best performance at the 4% inclusion level, with a benefit–cost ratio of 1.64. Overall, fermented cassava beverage is projected as a viable alternative during the finishing phase, as it maintains productive performance within commercial ranges, is associated with a measurable intestinal physiological response, and optimizes profitability at the indicated inclusion level.

**Keywords:** Fermented cassava beverage; probiotic; feed conversion ratio; broiler chickens; benefit–cost ratio.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS:.....	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	2
3.1. Directos.....	3
3.2. Indirectos .....	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. OBJETIVOS .....	5
5.1. General.....	5
5.2. Específicos.....	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	6

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
7.1. Suplementación nutricional y productos de fermentación en avicultura.....	7
7.2. La yuca ( <i>Manihot esculenta</i> ) como insumo alimenticio no convencional .....	7
7.3. Valor energético y digestibilidad de productos de yuca en pollos de engorde.....	8
7.4. Limitantes de la yuca: baja proteína y compuestos cianogénicos .....	9
7.5. Fermentación como proceso biotecnológico aplicado a sustratos de yuca .....	9
7.5.1. Reducción de cianuro durante la fermentación .....	9
7.5.2. Enriquecimiento proteico y modificación del valor nutricional.....	10
7.6. Bebida fermentada de yuca: concepción tecnológica y control de inocuidad.....	10
7.7. Fisiología digestiva y biometría de órganos como base interpretativa.....	10
7.8. Indicadores zootécnicos y económicos para evaluar el suplemento en fase de finalización .....	11
8. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS .....	12
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
9.1. Ubicación del experimento .....	13
9.2. Situación geográfica y climática.....	13
9.3. Duración del experimento .....	14
9.4. Materiales e insumos .....	14
9.5. Diseño de investigación.....	15
9.5.1. Tipo de investigación .....	15
9.6. Metodología.....	15
9.7. Manejo del lote experimental .....	17

9.8. Manejo experimental: elaboración y aplicación de la bebida fermentada de yuca .....	17
9.9. Determinación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del fermento.....	18
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	21
10.1. Validación de inocuidad y calidad higiénico-sanitaria de la bebida fermentada de yuca .....	21
10.2. Desempeño productivo: peso vivo final a los 42 días .....	24
10.3. Conversión alimenticia: comportamiento por fase (día 32 y día 39) .....	25
10.4. Consumo de agua: respuesta hídrica por puntos de evaluación .....	26
10.5. Rendimiento a la canal y biometría intestinal .....	27
10.6. Órganos linfoides: bolsa de fabricio , timo y bazo .....	29
10.7. Análisis económico: relación beneficio/costo .....	29
11. IMPACTOS .....	31
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	33
12.1. Conclusiones.....	33
12.2. Recomendaciones .....	33
13. BIBLIOGRAFÍA .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS:

<b>Tabla 1.</b> Esquema de desarrollo del proyecto por objetivo planteado .....	6
<b>Tabla 2</b> Caracterización referencial de coproductos basados en yuca como ingredientes de alimentación animal.....	8
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos experimentales.....	16
<b>Tabla 4.</b> Caracterización físico-química, mineral, microbiológica y toxicológica de la BFY 21	
<b>Tabla 5.</b> Peso vivo final (día 42) por tratamiento .....	24
<b>Tabla 6.</b> Conversión alimenticia por tratamiento (CA32 y CA39).....	25
<b>Tabla 7.</b> Consumo de agua (mL/ave/día) por tratamiento .....	26
<b>Tabla 8.</b> Rendimiento a la canal y biometría intestinal por tratamiento (media y EE).....	27
<b>Tabla 9.</b> Biometría de órganos linfoides por tratamiento (media y EE).....	29
<b>Tabla 10.</b> Egresos, ingresos y relación beneficio/costo por tratamiento .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS:

<b>Figura 1.</b> Mapa geográfico .....	13
--	----

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto:**

Evaluación del efecto de tres niveles de fermento de yuca como fuente de probióticos en el rendimiento productivo de pollos de engorde de Cotopaxi-Ecuador, 2025

**Fecha de inicio:** Octubre 2025

**Fecha de finalización:** Marzo 2026

**Lugar de ejecución:** Cotopaxi – Pujilí- Barrio Sinchaguasin

**Facultad que auspicia:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Carrera de Medicina Veterinaria

**Proyecto:** Recursos zoo genéticos locales, conservación y desarrollo sostenible

**Equipo de Trabajo:**

Jhon Jairo Caiza Caillagua (Anexo1)

Ing. Lucia Monserrath Silva Dèley, Ph.D (Anexo2)

**Área de Conocimiento:** Agricultura

**Línea de investigación:** Manejo y conservación de recursos zoogenéticos locales.

**Sublíneas de investigación de la carrera:** Producción animal y nutrición

**Línea de Investigación Institucional:** Sistemas de producción agropecuaria y conservación sostenible.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Los nutrientes dietéticos juegan un papel fundamental en la producción avícola al modular la eficiencia metabólica y la salud intestinal de los pollos, influyendo directamente en el desarrollo gastrointestinal y la fisiología del huésped [1]. En este contexto, la búsqueda de alternativas que optimicen el aprovechamiento nutricional ha cobrado un interés creciente, especialmente en Ecuador, donde el sector avícola genera más de USD 4000 millones anuales, pero enfrenta costos de alimentación que superan el 50 % de los egresos de crianza [2].

La yuca (*Manihot esculenta*) ha sido reconocida por su alto potencial energético y su capacidad de ser transformada mediante procesos biotecnológicos. Se plantea que la Fermentación en Estado Sólido (FES) permite convertir este sustrato de bajo valor proteico en un producto enriquecido, activando rutas enzimáticas que hidrolizan fibras complejas y eliminan compuestos tóxicos del material original [3]. Este proceso mejora la disponibilidad de nutrientes y aporta características sensoriales favorables a la carne, permitiendo que el fermentado de yuca funcione como un suplemento nutricional estratégico en la dieta aviar [4].

Además, la inclusión de este fermentado podría tener efectos positivos directos sobre la salud de las aves. Evidencia científica sugiere que el uso de pulpa de yuca fermentada actúa bajo una dimensión sanitaria que favorece la salud intestinal, mejorando la proporción de linfocitos/heterófilos en comparación con dietas estándar [5]. Al igual que los sistemas simbióticos, el fermento de yuca aporta microorganismos benéficos que pueden optimizar la digestibilidad y la integridad de los órganos digestivos, lo cual es crítico para maximizar el rendimiento productivo sin comprometer el bienestar animal [6].

Finalmente, pese a la evidencia previa sobre el uso de fracciones de la planta, existe un espacio de investigación insuficientemente cubierto sobre los niveles óptimos de inclusión líquida en la fase de acabado bajo condiciones locales. No se cuenta con suficiente evidencia que permita aseverar completamente el impacto de concentraciones del 2 %, 4 % y 6 % en la biometría y rendimiento final del pollo. Por lo tanto, es necesario verificar este efecto beneficioso para validar una alternativa que reduzca los costos operativos y la dependencia de insumos convencionales, ampliando la evidencia técnica aplicable para el sector.

## **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Los beneficiarios principales del proyecto incluyen médicos veterinarios, productores avícolas, estudiantes y comunidades rurales. Además, la comunidad científica se beneficia por la

ampliación del conocimiento respecto a la relación entre niveles de fermentación y rendimiento productivo en pollos de engorde.

### **3.1. Directos**

- Las personas que se dedican al consumo y producción de pollos que habitan en el Cantón Pujilí, barrio Sinchaguasin.
- Estudiante del proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Médico Veterinario.

### **3.2. Indirectos**

- La población del cantón Pujilí que se dedica al sector avícola.
- Estudiantes de la carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

A nivel internacional, la carne de pollo se consolida como una fuente de proteína animal de alta demanda por su disponibilidad y por la eficiencia productiva del sistema avícola. Este escenario exige que los productores sostengan el rendimiento final del ave y la calidad del producto, en condiciones donde la alimentación determina de manera decisiva la viabilidad económica del ciclo productivo, debido a que constituye el componente de mayor peso dentro de los costos de producción.

En el ámbito nacional, el sector avícola ecuatoriano se posiciona como un componente relevante de la economía y de la provisión de proteína animal. El documento base indica que genera más de USD 4 000 millones anuales, representa el 4 % del PIB nacional y el 24 % del PIB agropecuario, y que en 2025 registró una producción superior a 500 mil toneladas de carne de pollo. No obstante, el mismo documento sostiene que la alimentación representa más del 50 % de los costos de crianza y que varía según la etapa fisiológica y el tipo de dieta, lo cual impulsa la búsqueda de estrategias que reduzcan costos sin afectar el desempeño productivo.

En el plano local, esta vulnerabilidad se intensifica cuando la producción depende de insumos convencionales cuyo abastecimiento no se sostiene con oferta territorial. En Tungurahua se ha reportado que el 100 % del maíz y la soya utilizados por la avicultura provienen de otras

provincias e importaciones internacionales, y que el coeficiente promedio de autosuficiencia alcanza 0,9 para maíz y 0,08 para soya, lo cual refleja una dependencia elevada de insumos externos. En consecuencia, el productor enfrenta una estructura de costos expuesta a fluctuaciones de disponibilidad y precio, por lo que requiere alternativas alimenticias que permitan sostener la producción de proteína animal con mayor estabilidad económica [7].

Frente a esta necesidad, la yuca, *Manihot esculenta*, se plantea como un recurso disponible con potencial de uso en alimentación animal por su aporte energético. Sin embargo, su incorporación no resulta directa, debido a que la yuca contiene compuestos que pueden comprometer la inocuidad del suplemento si no se aplican procesos de transformación adecuados. En términos bioquímicos, se ha reportado la presencia de glucósidos cianogénicos, principalmente linamarina y lotaustralina, en una razón 97:3, cuya hidrólisis libera ácido cianhídrico, reconocido como toxina con efectos deletéreos sobre funciones fisiológicas. Por tanto, el problema técnico no consiste únicamente en sustituir parcialmente insumos convencionales, sino en viabilizar un procesamiento que reduzca el riesgo asociado a compuestos cianogénicos y permita el uso del sustrato bajo condiciones controladas [8].

En esta línea, la fermentación se considera una alternativa biotecnológica de transformación del sustrato y de reducción de factores limitantes. La literatura ha reportado disminuciones del contenido de cianuro asociadas al proceso fermentativo; en condiciones experimentales aplicadas a derivados de yuca, Qin et al. documentaron una remoción de cianuro de 81,5 % después de la fermentación respecto al material crudo. Este antecedente sustenta la pertinencia de emplear fermentación como estrategia de mitigación de riesgo, siempre que el producto final cumpla criterios verificables de calidad e inocuidad antes de su aplicación en sistemas productivos [9].

Bajo este marco, el presente estudio utiliza una bebida fermentada de yuca como suplemento y requiere, como condición previa, validar su calidad microbiológica y fisicoquímica para sustentar su inocuidad como insumo alimenticio. Sin embargo, el núcleo del problema no se concentra en la caracterización de microorganismos como variable principal, sino en la necesidad de determinar si la inclusión del suplemento puede sostener la producción de proteína animal con eficiencia productiva y rentabilidad, mediante indicadores zootécnicos, biometría de órganos y análisis económico.

En síntesis, persiste una brecha aplicada bajo condiciones locales respecto al efecto de la bebida fermentada de yuca cuando se incorpora en niveles de 2 %, 4 % y 6 % durante la fase de finalización en pollos de engorde. Esta brecha se expresa en la limitada evidencia integrada

sobre tres dimensiones que definen el alcance del estudio: el comportamiento productivo, medido mediante peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad; la biometría de órganos digestivos y linfoides, específicamente intestino delgado, bursa, timo y bazo, como indicadores del estado fisiológico; y la rentabilidad económica mediante la relación beneficio/costo frente a una dieta convencional. En consecuencia, el problema de investigación se concreta en determinar si la inclusión de bebida fermentada de yuca constituye una alternativa técnicamente viable y económicamente rentable para reducir la dependencia de insumos convencionales en la producción avícola local, e identificar el nivel de inclusión con mejor desempeño global [9].

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de fermento de yuca en el comportamiento productivo, la biometría de órganos y la rentabilidad económica en pollos de engorde durante la fase de finalización.

### **5.2. Específicos**

1. Verificar la calidad microbiológica y fisicoquímica de la bebida fermentada de yuca para validar su inocuidad como suplemento alimenticio.
2. Evaluar el peso vivo, el consumo de alimento, la conversión alimenticia y la mortalidad en pollos de engorde suplementados con niveles del 2%, 4% y 6% de bebida fermentada de yuca, en comparación con un tratamiento control.
3. Establecer el efecto de la dieta experimental sobre la biometría del intestino delgado y de los órganos linfoides, específicamente la bursa de Fabricio, el timo y el bazo, como indicadores del estado fisiológico de las aves del estudio.
4. Determinar la relación beneficio/costo de los tratamientos evaluados para identificar el nivel de inclusión más rentable frente a la dieta convencional

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

La matriz siguiente vincula cada objetivo específico con actividades verificables, metodología operativa y productos esperados.

**Tabla 1.** Esquema de desarrollo del proyecto por objetivo planteado

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar la calidad microbiológica y fisicoquímica del fermento de yuca para validar su inocuidad como suplemento alimenticio.	1. Elaboración del fermento de yuca bajo protocolo estandarizado (rallado y fermentación líquida). 2. Toma de muestra del producto final. 3. Envío a laboratorio certificado para análisis bromatológico y microbiológico.	Se elaboró la bebida fermentada a partir de yuca fresca, pelada y rallada, con adición de agua e inóculo, y fermentación controlada a 25–30 °C durante 24–48 h. Se remitió una muestra del producto final al laboratorio BLENDEEN S.A. para análisis fisicoquímico, microbiológico y de metales pesados, con énfasis en pH, sólidos, acidez, indicadores microbianos y Pb, Cd, Hg y As.	El informe de laboratorio reportó pH = 3,92 y acidez de 0,65 % como ácido acético. Además, reportó Pb, Cd, Hg y As como no detectables, aerobios mesófilos = 872 UFC/g y ausencia de coliformes totales, <i>E. coli</i> , mohos y levaduras, lo que sustenta la inocuidad del suplemento empleado.
Evaluar los parámetros zootécnicos en pollos de engorde suplementados con niveles del 2 %, 4 % y 6 % de fermento de yuca.	1. Acondicionamiento del galpón y distribución de aves (DCA). 2. Suministro de dietas con inclusión del fermento. 3. Registro semanal de peso y consumo. 4. Cálculo de conversión alimenticia.	Se emplearon 100 pollos distribuidos en 4 tratamientos. Se desarrolló un ensayo con duración total de 42 días. Se registró peso vivo hasta el día 42 y se controló el consumo de alimento por unidad experimental. La conversión alimenticia se evaluó en los días 18, 25, 32 y 39, y la mortalidad se registró diariamente. Se aplicó ANOVA unidireccional con $\alpha = 0,05$ ; cuando correspondió, se utilizó prueba de Duncan.	El peso vivo final no presentó diferencias significativas entre tratamientos, con $p > 0,05$ , lo cual valida equivalencia productiva frente al control. La conversión alimenticia mostró diferencias significativas en un punto intermedio, día 32, y no se sostuvo hacia el final del ciclo, día 39..
Establecer el efecto de la dieta experimental sobre la biometría de órganos digestivos y linfoides como indicadores del estado fisiológico.	1. Faenamiento y evisceración al cierre del ciclo. 2. Disección y pesaje de órganos linfoides (bazo, timo, bursa). 3. Medición y pesaje del intestino delgado. 4. Análisis comparativo de datos.	Al día 42 se realizó evaluación de canal y biometría. Se midió el peso del intestino delgado y su longitud, y se registraron pesos de bursa, timo y bazo. Las mediciones gravimétricas se efectuaron con balanza digital de precisión mínima $\pm 0,1$ g. Se aplicó ANOVA para contraste entre tratamientos.	El peso del intestino delgado presentó diferencias significativas, con $p = 0,0030$ , y los tratamientos con 2 % y 4 % registraron intestinos más livianos que el control. La longitud del intestino delgado mostró tendencia sin significancia estadística. Los órganos linfoides no evidenciaron diferencias significativas, con $p > 0,05$ .
Determinar la relación beneficio-costo de los tratamientos evaluados para identificar el nivel de inclusión más rentable.	1. Registro de costos de producción (insumos, aves, mano de obra, elaboración del fermento). 2. Cálculo de ingresos por venta de carne. 3. Determinación del índice B/C por tratamiento.	Se consolidaron egresos e ingresos por tratamiento. Se consideraron como egresos el costo de aves, alimento por fases, suplemento, insumos veterinarios, agua, energía eléctrica y mano de obra; y como ingresos la venta de aves y pollinaza. Se calculó la relación beneficio/costo mediante el cociente ingresos/egresos.	El tratamiento con 4 % presentó la mayor relación beneficio/costo, B/C = 1,64, por lo que constituyó la alternativa más rentable en comparación con el control y los demás tratamientos.

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

La suplementación con bebida fermentada de yuca exige justificar el uso de suplementos y productos de fermentación como estrategia nutricional. Asimismo, requiere fundamentar el potencial de la yuca como fuente energética y sus limitaciones asociadas a su composición química y a la presencia de compuestos cianogénicos. En este marco, la fermentación se considera un proceso de transformación orientado a mitigar riesgos y a mejorar la funcionalidad del sustrato. Finalmente, resulta pertinente sustentar la selección de los indicadores empleados para medir desempeño productivo, biometría de órganos y rentabilidad.

### **7.1. Suplementación nutricional y productos de fermentación en avicultura**

La suplementación nutricional en avicultura comprende la incorporación de insumos a la dieta o al sistema de consumo con el propósito de optimizar el aporte de nutrientes y sostener el rendimiento productivo bajo condiciones específicas. En Ecuador, este enfoque adquiere relevancia por el peso económico y productivo del sector avícola y por su papel en la provisión de proteína animal para la población. Además, el documento base del proyecto sostiene que la alimentación representa más del 50 % de los costos de crianza, lo cual impulsa la evaluación de alternativas que reduzcan costos sin deteriorar parámetros productivos.

En términos de aplicabilidad, un suplemento se justifica cuando cumple con criterios operativos, zootécnicos y económicos. En el criterio operativo, se requiere que su preparación y suministro sea replicable en condiciones productivas, con control de variables mínimas del proceso. En el criterio zootécnico, se espera que el suplemento sostenga o mejore indicadores medibles, como peso vivo, consumo y conversión alimenticia [10]. En el criterio económico, la adopción depende de su capacidad de mejorar la rentabilidad o reducir el costo de producción, especialmente en contextos donde la dependencia de insumos convencionales aumenta la vulnerabilidad del productor.

### **7.2. La yuca (*Manihot esculenta*) como insumo alimenticio no convencional**

La yuca se reconoce como una fuente energética de interés por su alto contenido de carbohidratos disponibles y por su disponibilidad en regiones tropicales [11]. No obstante, su incorporación en dietas para monogástricos exige caracterización del ingrediente y control del procesamiento, porque la yuca no se comporta como un insumo proteico y puede presentar limitantes por composición y por factores antinutricionales [12].

La evidencia reciente sobre ingredientes basados en yuca muestra un patrón consistente: el componente dominante es el almidón, mientras que la proteína cruda se mantiene baja y variable según el tipo de coproducto y su calidad comercial. Fanelli et al. describieron, en ingredientes comerciales de Asia sudoriental, que los principales nutrientes en chips y harinas de yuca son el almidón y la fibra dietaria total, con valores promedio de proteína cruda cercanos a 2,5–2,7 % en chips y harina comercial. Este perfil explica por qué la yuca funciona principalmente como ingrediente energético y por qué su uso debe articularse con estrategias de formulación o transformación cuando se busca mejorar el balance nutricional [13].

**Tabla 2.** Caracterización referencial de coproductos basados en yuca como ingredientes de alimentación animal

Producto	Rasgos composicionales reportados	Observación técnica
Chips de yuca	promedio 2,5 % proteína cruda; 0,7 % extracto etéreo; 2 % azúcares; 1 % minerales; nutrientes principales: almidón y fibra dietaria total [13]	variación moderada por origen y procesamiento [13]
Harina de yuca (cassava meal)	promedio 2,7 % proteína cruda; 0,8 % extracto etéreo; 1,7 % azúcares; 1,2 % minerales; nutrientes principales: almidón, fibra dietaria total y cenizas [13]	incrementos de cenizas pueden indicar contaminación mineral o “high-ash meal” [13]
Harina “high-ash”	aprox. 38 % cenizas y 23 % fibra dietaria total; aprox. 30 % almidón; proteína cercana a 2 % [13]	producto de alto riesgo para formulación por dilución energética [13]
Residuo de yuca	aprox. 35 % fibra dietaria total y 45 % almidón; proteína cruda aprox. 2,3 % [13]	coproducto con mayor fracción fibrosa y menor densidad energética utilizable [13]

### 7.3. Valor energético y digestibilidad de productos de yuca en pollos de engorde

La viabilidad de utilizar productos de yuca en dietas de pollos no depende únicamente de su composición proximal; también depende de su valor energético utilizable y de su comportamiento en indicadores zootécnicos. Bhuiyan e Iji reportaron en chips y pellets de yuca valores de proteína cruda de 2,2 % y 2,1 %, almidón de 75,1 % y 67,8 %, y energía metabolizable calculada de 12,6 y 11,7 MJ/kg, respectivamente. Estos valores sustentan el potencial de la yuca como fuente energética, pero también evidencian que el desempeño puede variar por forma física del producto y por limitaciones de digestión de carbohidratos en el ave [14].

En el marco de antecedentes ya discutidos en el documento, se ha reportado que la inclusión de yuca en dietas puede generar respuestas variables en ingesta y conversión alimenticia, lo cual refuerza la necesidad de evaluar niveles de inclusión bajo diseños controlados y condiciones

locales. En consecuencia, la conversión alimenticia se mantiene como indicador clave para detectar cambios de eficiencia cuando se incorporan recursos no convencionales.

#### **7.4. Limitantes de la yuca: baja proteína y compuestos cianogénicos**

La yuca presenta dos limitantes estructurales para su uso en monogástricos. La primera limitante corresponde a su bajo contenido proteico, documentado en coproductos comerciales y en productos de yuca usados en alimentación animal. La segunda limitante corresponde a la presencia de glucósidos cianogénicos, cuyo procesamiento inadecuado puede liberar ácido cianhídrico (HCN) y comprometer inocuidad.

Qin et al. describieron que la toxicidad se atribuye a la liberación de HCN a partir de glucósidos cianogénicos, principalmente linamarina (95 %) y lotaustralina (5 %), y que la liberación se activa cuando se rompe la estructura del tejido y ocurre la hidrólisis enzimática. El mismo estudio sostiene que el HCN puede ejercer efectos tóxicos al interferir en la utilización del oxígeno a nivel celular por interacción con el hierro férrico en citocromo oxidasa. Esta base mecanística justifica que, si se pretende utilizar yuca como suplemento o ingrediente, el procesamiento no se trate como una mejora opcional sino como requisito de seguridad.

#### **7.5. Fermentación como proceso biotecnológico aplicado a sustratos de yuca**

La fermentación se propone como herramienta biotecnológica para transformar sustratos y reducir factores antinutricionales, con base en el control de humedad, inoculación y tiempo de proceso. Para este estudio interesan dos dimensiones: reducción de la carga cianogénica y potencial de bioconversión nutricional, con énfasis en el enriquecimiento proteico asociado a biomasa microbiana [15].

##### **7.5.1. Reducción de cianuro durante la fermentación**

Qin et al. reportaron que 81,5 % del cianuro fue removido después de la fermentación en el sistema experimental descrito, con reducción progresiva luego de etapas previas de procesamiento. Este resultado fundamenta que la fermentación puede contribuir a la disminución del riesgo cianogénico, siempre que se controlen condiciones del proceso y se verifique la calidad del producto final [15].

De forma complementaria, Vuong et al. documentaron que un sustrato industrial basado en yuca presentó 62,3 mg/kg de HCN en materia seca antes del tratamiento y que este valor disminuyó tras la fermentación, con magnitudes diferentes según el microorganismo utilizado.

Este antecedente confirma la direccionalidad del efecto, aunque no pretende equiparar el tipo de sustrato industrial con la bebida fermentada usada en este trabajo [16].

### **7.5.2. Enriquecimiento proteico y modificación del valor nutricional**

El incremento de proteína atribuido a fermentación se explica por el crecimiento de biomasa microbiana sobre un sustrato rico en carbohidratos, lo cual eleva la fracción proteica del producto final y puede mejorar su digestibilidad. Vuong et al. reportaron que, mediante fermentación en estado sólido en un coproducto basado en yuca, la proteína cruda incrementó de aproximadamente 12,0 % a 15,29 % y 14,06 % de materia seca, según el microorganismo utilizado. El mismo estudio reportó incremento en aminoácidos totales y esenciales, además de aumento de digestibilidad in vitro de la proteína [16]. En consecuencia, la fermentación se fundamenta como vía para transformar sustratos de yuca, no solo por acidificación y estabilidad, sino por cambios medibles en composición y disponibilidad de nutrientes en productos fermentados.

### **7.6. Bebida fermentada de yuca: concepción tecnológica y control de inocuidad**

La bebida fermentada de yuca se entiende como un producto obtenido por fermentación controlada de yuca rallada o triturada en presencia de agua e inóculo, con el propósito de producir un suplemento de administración práctica para la fase de finalización. La operacionalización del proceso, descrita en el instructivo utilizado en el estudio, considera preparación de la yuca, adición de agua y fuente probiótica, y fermentación a temperatura ambiental controlada entre 25 y 30 °C durante 24 a 48 h. Esta definición tecnológica es relevante porque fija condiciones mínimas de reproducibilidad y permite comparar tratamientos por nivel de inclusión sin alterar el proceso base.

Desde el enfoque sanitario, la inocuidad del suplemento debe validarse con parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, debido a que la fermentación no controlada puede introducir contaminación o variabilidad de calidad. En el marco del estudio, esta verificación se vincula de forma directa con el objetivo específico orientado a la caracterización microbiológica y fisicoquímica del fermento como condición previa de uso [17].

### **7.7. Fisiología digestiva y biometría de órganos como base interpretativa**

La eficiencia productiva del pollo de engorde depende de la capacidad del sistema digestivo para transformar la dieta en tejido muscular con mínimo costo energético de mantenimiento [18]. En dietas alternativas, la biometría de órganos digestivos y linfoides funciona como

indicador indirecto del estado fisiológico porque cambios en peso o tamaño pueden reflejar adaptaciones digestivas, respuesta inflamatoria o estrés biológico [19]. Además, la literatura del documento base ha enfatizado que factores como estrés oxidativo y composición de la dieta pueden comprometer el epitelio intestinal y afectar absorción, lo cual se expresa en variaciones de desempeño productivo [20].

Bhuiyan e Iji reportaron, en pollos alimentados con productos de yuca, variaciones en el peso relativo del intestino delgado y en pesos de órganos, lo cual confirma que el tracto gastrointestinal responde de forma sensible a modificaciones de ingredientes y de digestibilidad. Por tanto, la medición de intestino delgado y de órganos linfoides como bursa, timo y bazo se fundamenta como criterio coherente para valorar seguridad fisiológica y eficiencia digestiva sin convertir el estudio en una caracterización microbiológica del ave [21].

#### **7.8. Indicadores zootécnicos y económicos para evaluar el suplemento en fase de finalización**

La evaluación de un suplemento no convencional en pollos de engorde requiere indicadores estandarizados que permitan comparar tratamientos con criterios biológicos y económicos. En el plano zootécnico, peso vivo, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad constituyen variables centrales porque sintetizan el resultado integrado de digestión, absorción y utilización de nutrientes. En particular, la conversión alimenticia es un indicador sensible cuando se modifican ingredientes energéticos o se incorporan recursos alternativos.

En el plano económico, el estudio se justifica por la necesidad de reducir costos asociados a insumos convencionales y por la dependencia estructural de materias primas, como se ha documentado para Tungurahua en relación con maíz y soya. En estudios de suplementación en pollos de acabado, Nkwocha et al. aplicaron análisis de presupuesto y margen para evaluar el efecto económico de dietas suplementadas, lo cual respalda el uso de herramientas económicas como soporte decisonal en ensayos de alimentación. En consecuencia, el análisis beneficio/costo se sustenta como criterio de selección del nivel de inclusión más rentable, debido a que un tratamiento puede sostener rendimiento biológico similar al control y, aun así, mejorar rentabilidad al reducir el costo por kilogramo producido [22].

La fundamentación precedente sustenta de manera directa los objetivos del trabajo. La validación de inocuidad del suplemento se justifica por el riesgo asociado a compuestos cianogénicos y por exigencias de control sanitario de productos fermentados [23]. La

evaluación del desempeño productivo se fundamenta en indicadores zootécnicos estandarizados y en evidencia de variación de respuesta cuando se incluyen productos de yuca en dietas [24]. La biometría intestinal y de órganos linfoides se sustenta como aproximación fisiológica consistente con el enfoque del estudio [25]. Finalmente, la evaluación económica se justifica por la dependencia de insumos convencionales y por la necesidad de adoptar tecnologías alimenticias con retorno favorable en condiciones productivas locales [26].

## **8. VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS**

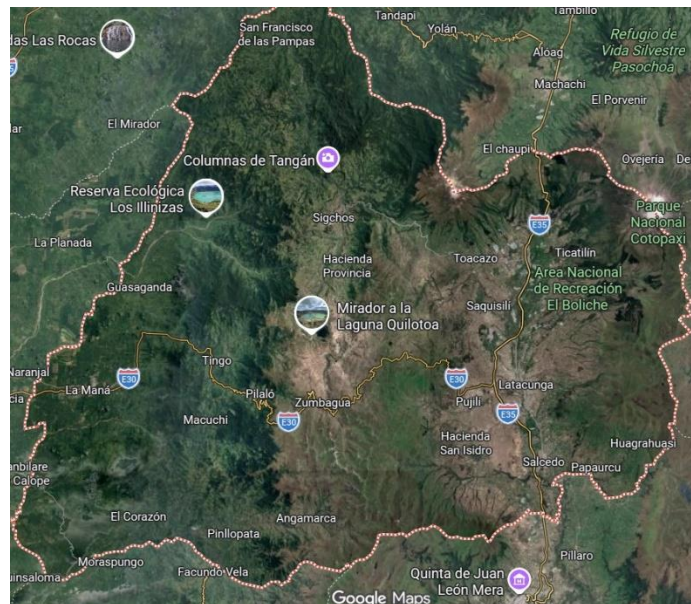
De acuerdo con el procesamiento estadístico de los datos experimentales y los hallazgos obtenidos en la investigación, los resultados respaldan la hipótesis alternativa, en la medida en que la inclusión de fermento de yuca se asocia con una mejora de la rentabilidad económica y con cambios en los indicadores fisiológicos del tracto digestivo [27]. Al mismo tiempo, el rendimiento productivo se mantuvo dentro de los estándares comerciales, sin diferencias significativas respecto a la dieta convencional [28].

## 9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

### 9.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en un galpón en la provincia de Cotopaxi, cantón Pujilí, parroquia Pujilí, barrio Sinchaguasin. La zona seleccionada para la investigación cuenta con una latitud aproximada de 0.958°S y una longitud de 78.696°O. Con una altitud promedio de unos 2,944msnm, su clima frío, con temperaturas promedio diarias que suelen oscilar entre 7°C y 19°C durante el año.

**Figura 1.** Mapa geográfico



*Nota.* Google Maps

### 9.2. Situación geográfica y climática

#### Clima

El cantón Pujilí, en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, presenta un clima templado–frío propio de la región interandina, con una temperatura media anual de 12–13 °C, noches frías y precipitaciones distribuidas durante el año.

#### Superficie

El cantón Pujilí, ubicado en la provincia de Cotopaxi, Ecuador, tiene una superficie aproximada de 1.300 km<sup>2</sup>, siendo uno de los cantones de mayor extensión territorial en la provincia.

#### Suelos

En el barrio Sinchaguasín, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, Ecuador, predominan suelos de origen volcánico, de textura franco a franco-arenosa, con buen drenaje y pH ligeramente ácido, aptos para actividades agropecuarias.

### **9.3. Duración del experimento**

El experimento tuvo una duración total de 42 días, correspondiente al ciclo productivo de pollos de engorde desde el primer día de vida hasta el sacrificio y evaluación de canal [29].

### **9.4. Materiales e insumos**

#### **9.4.1. Materiales físicos**

- Galpón experimental con corrales de piso y cama de viruta.
- Comederos y bebederos por unidad experimental.
- Balanza digital para pesaje de aves y biometría (precisión mínima  $\pm 0,1$  g).
- Termómetro/termohigrómetro para control ambiental.
- Equipo de disección (bisturí, tijeras, pinzas), bandejas y cinta métrica para longitud intestinal.
- Recipientes de polipropileno de grado alimentario y paños limpios para cobertura durante fermentación.

#### **9.4.2. Materiales químicos**

- Balanceado comercial por fases (inicio, crecimiento y engorde).
- Desinfectantes y productos de bioseguridad para galpón y equipos.
- Insumos de limpieza para preparación del sustrato.

#### **9.4.3. Materiales biológicos**

- 100 pollos de engorde de un día de edad.
- Yuca fresca (*Manihot esculenta*).
- Fuente de inóculo (yogur natural o suero lácteo) para iniciar la fermentación.

## 9.5. Diseño de investigación

### 9.5.1. Tipo de investigación

El estudio se enmarcó en un enfoque cuantitativo, de tipo experimental y longitudinal, debido a que se manipuló intencionalmente una variable independiente (nivel de inclusión de BFY) y se midieron variables dependientes objetivas en distintos momentos del ciclo productivo.

### 9.5.2. Métodos

Se aplicaron los siguientes métodos de razonamiento y ejecución:

- **Método hipotético:** permitió contrastar la hipótesis alternativa, verificando si la inclusión de BFY modifica indicadores productivos, fisiológicos y económicos en comparación con un control.
- **Método deductivo:** se partió de principios de nutrición aviar y de fermentación como estrategia de transformación de sustratos para inferir efectos esperados sobre eficiencia productiva y estado fisiológico.
- **Método experimental:** permitió comparar tratamientos bajo condiciones controladas, aislando el efecto del nivel de inclusión del suplemento.

## 9.6. Metodología

### 9.6.1. Población y muestra

Se utilizaron 100 pollos de engorde de un día de edad, con peso inicial homogéneo de  $40 \pm 2$  g, distribuidos aleatoriamente en tratamientos y repeticiones [35].

### 9.6.2. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por un corral con 5 aves. Cada tratamiento incluyó 5 repeticiones, conformando 20 unidades experimentales.

### 9.6.3. Tratamientos experimentales

Se evaluaron cuatro tratamientos: un control sin suplemento y tres niveles de inclusión de BFY [36]. La dieta basal se mantuvo constante para todos los grupos; el factor de comparación fue la suplementación con BFY según el nivel asignado.

**Tabla 3.** Tratamientos experimentales.

Tratamiento	Descripción
T0 (Control)	Dieta basal sin BFY (0 %)
T1	Dieta basal + BFY al 2 %
T2	Dieta basal + BFY al 4 %
T3	Dieta basal + BFY al 6 %

La inclusión se definió como el porcentaje de BFY incorporado en la preparación diaria destinada al consumo de cada unidad experimental, manteniendo el resto del volumen con agua de bebida.

#### 9.6.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos (T0–T3). Se utilizó ANOVA unidireccional con nivel de significancia de 0,05. Cuando existieron diferencias, se aplicó prueba de rangos múltiples de Duncan para separación de medias. El procesamiento se realizó con el software InfoStat.

El modelo lineal aditivo fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$ : valor observado de la variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.
- $\mu$ : media general del experimento.
- $\alpha_i$ : efecto del i-ésimo tratamiento.
- $\varepsilon_{ij}$ : error experimental aleatorio.

#### 9.6.5. Condiciones de alojamiento y bioética

Las aves se alojaron en corrales de piso con cama de viruta. Durante la fase inicial, la temperatura se controló en  $32\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  y se redujo gradualmente hasta  $24\text{ °C}$  a los 21 días [30]. El programa lumínico inició con 23 h de luz y 1 h de oscuridad, y luego se ajustó a 18:6 [31]. El alimento y el agua se suministraron ad libitum. El faenamiento y manejo final se ejecutaron bajo criterios de bienestar animal para ensayos productivos.

## **9.7. Manejo del lote experimental**

### **9.7.1. Adecuación del galpón**

Antes del ingreso de las aves se realizó limpieza y desinfección del galpón, instalación de corrales y colocación de cama. Los equipos de alimentación y agua se limpiaron y desinfectaron, a fin de reducir riesgos de contaminación cruzada entre unidades experimentales.

### **9.7.2. Temperatura e iluminación**

Se mantuvo un régimen térmico acorde con la etapa fisiológica del ave, con monitoreo y ajustes según la respuesta conductual del lote. La iluminación se programó para estimular consumo en la fase inicial y luego se estabilizó para evitar estrés metabólico [32].

### **9.7.3. Alimentación y agua**

Se utilizó balanceado comercial por fases, suministrado ad libitum y registrado por unidad experimental para el cálculo de consumo. El agua se suministró ad libitum, considerando que el consumo hídrico se asocia al consumo de alimento y a la exposición térmica [33]. Para el cálculo del consumo se controló el volumen ofrecido y el remanente en los puntos de evaluación establecidos [34].

### **9.7.4. Programa sanitario y bioseguridad**

Se ejecutó el programa sanitario aplicado por el responsable del galpón. Se aplicaron medidas de bioseguridad, control de ingreso y limpieza periódica de equipos, con registro diario de mortalidad.

## **9.8. Manejo experimental: elaboración y aplicación de la bebida fermentada de yuca**

### **9.8.1. Selección y pretratamiento de la materia prima**

Se utilizó yuca fresca (*Manihot esculenta*) como sustrato principal. Se seleccionaron raíces sin signos de deterioro visible [37]. La preparación incluyó lavado con agua potable, pelado y rallado o trituración para incrementar la superficie de fermentación [38].

### **9.8.2. Formulación, inoculación y fermentación**

Se preparó una mezcla con relación yuca: agua de 1:1 a 1:2, ajustada según la humedad del sustrato. Se añadió una fuente de inóculo (yogur natural o suero lácteo) [39]. La fermentación se realizó a temperatura ambiente controlada entre 25 y 30 °C, durante un periodo entre 24 y 48 h, en recipientes de grado alimentario cubiertos con paños limpios para permitir intercambio

gaseoso y reducir contaminación externa [40]. Se verificó olor característico ácido o ligeramente dulce, y se descartó cualquier lote con olor putrefactivo antes de su suministro [41].

### **9.8.3. Aplicación del suplemento según tratamientos**

La BFY se administró diariamente conforme al tratamiento asignado. Para cada unidad experimental se preparó el volumen diario de agua de bebida y se incorporó BFY en proporciones de 0 %, 2 %, 4 % y 6 %, completando el volumen restante con agua [42]. Este procedimiento permitió estandarizar la dosificación por unidad experimental y sostener comparabilidad entre tratamientos.

## **9.9. Determinación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del fermento**

Para cumplir el Objetivo específico 1, se remitió una muestra de BFY a un laboratorio externo acreditado, antes de su suministro en el ensayo, con el fin de verificar calidad e inocuidad [43].

### **9.9.1. Parámetros fisicoquímicos**

Se evaluaron variables fisicoquímicas del producto, incluyendo pH, acidez, sólidos, humedad y otros parámetros reportados por el laboratorio. Además, para reforzar inocuidad en matrices de yuca, es pertinente considerar determinación analítica de cianuro total. [44]

### **9.9.2. Parámetros microbiológicos**

Se evaluaron indicadores de control higiénico-sanitario del producto, como aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli* y mohos y levaduras [45].

### **9.9.3. Metales pesados**

Se determinó la presencia de Pb, Cd, Hg y As como control toxicológico por riesgo de contaminación y bioacumulación.

## **9.10. Variables productivas y de consumo**

Las variables productivas y de consumo se registraron por unidad experimental y se consolidaron en una base de datos para su procesamiento estadístico.

### **9.10.1. Peso vivo (g)**

Se registró el peso vivo de las aves por unidad experimental en mediciones periódicas hasta el día 42.

### **9.10.2. Consumo de alimento (g)**

Se determinó por diferencia entre alimento suministrado y alimento remanente:

$$CAL=ALs-ALr$$

Dónde: CAL es consumo de alimento; ALs es alimento suministrado; ALr es alimento remanente.

### 9.10.3. Ganancia de peso (g)

$$GP=Pf-Pi$$

Dónde: GP es ganancia de peso; Pf es peso final del periodo; Pi es peso inicial del periodo.

### 9.10.4. Conversión alimenticia

$$CA=CAL/GP$$

### 9.10.5. Mortalidad (%)

Se registró diariamente y se calculó como:

$$M(\%)=TAM/TAI\times 100$$

Dónde: TAM es total de aves muertas; TAI es total de aves iniciales.

### 9.10.6. Consumo de agua (mL/ave/día)

El consumo de agua se registró en los días 18, 25, 32, 39 y 42 por unidad experimental. Se determinó como la diferencia entre el volumen ofertado y el volumen remanente, y se estandarizó en mL/ave/día según el número de aves vivas. Esta variable se sometió a análisis estadístico para evaluar el efecto del tratamiento sobre el comportamiento hídrico del lote.

## 9.11. Indicadores fisiológicos: biometría intestinal y órganos linfoides

Al cierre del ciclo (día 42) se realizó biometría del tracto digestivo y de órganos linfoides para cumplir el Objetivo específico 3.

### 9.11.1. Procedimiento de sacrificio y evisceración

Se aplicó ayuno pre-sacrificio estandarizado, manteniendo acceso a agua. Se ejecutó sacrificio bajo criterios de bienestar animal, seguido de escaldado, desplumado y evisceración bajo condiciones higiénicas.

### 9.11.2. Biometría intestinal

Se registró el peso del intestino delgado (g) y su longitud (cm).

### 9.11.3. Órganos linfoides

Se registró el peso de bursa, timo y bazo (g).

#### **9.11.4. Peso relativo de órganos (%)**

Se calculó el peso relativo para estandarizar comparaciones:

$$PR(\%)=(P_{org}/PV)\times 100$$

Dónde: PR es peso relativo; P<sub>org</sub> es peso del órgano; PV es peso vivo previo al sacrificio.

#### **9.11.5. Rendimiento a la canal (variable complementaria)**

Cuando correspondió, el rendimiento a la canal se calculó como:

$$R(\%)=(PC/PV)\times 100$$

Dónde: PC es peso de canal eviscerada; PV es peso vivo previo al sacrificio.

### **9.12. Variables económicas**

Para cumplir el Objetivo específico 4, se aplicó un análisis económico por tratamiento mediante relación beneficio/costo.

#### **9.12.1. Egresos**

Se consideraron como egresos: costo de pollitos, alimento por fases, costos asociados a elaboración del suplemento, insumos veterinarios, agua, energía eléctrica y mano de obra.

#### **9.12.2. Ingresos**

Se consideraron como ingresos: venta de aves y venta de pollinaza. Cuando no existió comprobante directo de comercialización, el ingreso por pollinaza se trató como estimación basada en su valor comercial local, debido a que constituye un subproducto con uso y mercado en sistemas avícolas.

#### **9.12.3. Relación beneficio/costo (B/C)**

$$B/C=\text{Ingresos totales}/\text{Egresos}$$

Criterio interpretativo:

- B/C > 1: rentable.
- B/C = 1: equilibrio.
- B/C < 1: no rentable.

### 9.13. Trazabilidad documental del estudio

La verificabilidad de los resultados se sustentó en documentos organizados por nivel de evidencia: base de datos consolidada del ensayo con registros por tratamiento y repetición, salidas estadísticas de ANOVA y prueba de Duncan, informe de laboratorio externo de la BFY, instructivo operativo de elaboración del fermento y módulos de respaldo para cálculo de biometría y análisis económico.

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados del ensayo y su interpretación técnica con base en el análisis estadístico y en la evidencia documental del estudio. La información primaria proviene de la base de datos del ensayo y su procesamiento inferencial se sustenta en las salidas estadísticas. La caracterización del insumo se respalda en el informe de laboratorio externo y el procedimiento operativo del suplemento corresponde al protocolo de elaboración. El análisis de rendimiento a la canal se respalda en las salidas estadísticas específicas del indicador.

### 10.1. Validación de inocuidad y calidad higiénico-sanitaria de la bebida fermentada de yuca

La caracterización del producto denominado “Bebida Fermentada de Yuca” evidenció un pH ácido de 3,92, coherente con un proceso fermentativo de carbohidratos y con condiciones que tienden a limitar el crecimiento de microorganismos indeseables. El informe también reportó parámetros de composición como densidad, humedad total, sólidos totales, cenizas y acidez titulable, además de la cuantificación de minerales (K, Ca, Mg, P, Na, Fe y Zn). En el componente toxicológico, el control determinó metales pesados no detectables (Pb, Cd, Hg y As).

#### A. Análisis físico y químico

**Tabla 4.** Caracterización físico-química, mineral, microbiológica y toxicológica de la BFY

Parámetro	Resultado	Método/Norma
Apariencia	Líquido	Reporte BLENDEN
Color	Ligeramente opaca blanquecina	Reporte BLENDEN
Olor	Ligeramente ácido	Reporte BLENDEN
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,021	Reporte BLENDEN

Humedad total (%)	94,17	AOAC 925.10 (gravimétrico)
Sólidos totales (%)	5,83	AOAC 925.10 (gravimétrico)
Cenizas (%)	1,39	AOAC 923.03 (gravimétrico)
Acidez (% ácido acético)	0,65	INEN 521 (colorimétrico)
Ph	3,92	INEN 973 (colorimétrico)
Sólidos solubles (°Brix)	2,44	NMX-F-103-1982
Azúcares reductores (%)	0,89	AOAC 923.09 (colorimétrico)

El bloque físico y químico de la Tabla 4 muestra un pH de 3,92 y una acidez titulable de 0,65 %, lo que confirma una acidificación propia de la fermentación y sustenta la estabilidad del insumo antes de su uso experimental. Este hallazgo resulta relevante porque Osman et al. [8] advierten que la yuca contiene glucósidos cianogénicos cuyo procesamiento inadecuado puede liberar ácido cianhídrico y comprometer la inocuidad [46]. En yuca se han caracterizado rutas biosintéticas de linamarina y lotaustralina, que explican la presencia de glucósidos cianogénicos en el tejido vegetal [47]. En contraste, la evidencia de vigilancia muestra que el contenido de cianuro en productos de yuca varía por tipo y procesamiento, y que la reducción depende de instrucciones/procesos aplicados; por ello, es clave mantener monitoreo analítico [48]. La generación de cianuro en yuca está asociada, entre otros factores, a enzimas como hydroxynitrile lyase durante el procesamiento del tejido, lo que refuerza el control del proceso [49]. En este estudio no se cuantificó cianuro en la BFY; por tanto, la discusión se apoya en resultados verificables del producto final, donde el pH ácido y los parámetros composicionales registrados sustentan consistencia del proceso y control del insumo.

## B. Minerales

Mineral	Resultado (mg/L)	Método/Norma
Potasio	783	AOAC (espectrofotometría)
Calcio	118	AOAC (espectrofotometría)
Magnesio	45	AOAC (espectrofotometría)
Fósforo	171	AOAC (espectrofotometría)
Sodio	43	AOAC (espectrofotometría)
Hierro	1,7	AOAC (espectrofotometría)
Zinc	0,9	AOAC (espectrofotometría)

El bloque de minerales de la Tabla 4 evidencia predominio de potasio con 783 mg/L, seguido de fósforo con 171 mg/L y calcio con 118 mg/L; en niveles menores se registraron magnesio con 45 mg/L, sodio con 43 mg/L, hierro con 1,7 mg/L y zinc con 0,9 mg/L. Este perfil permite discutir la caracterización del suplemento como un control de calidad composicional y no solo como un registro descriptivo. Fanelli et al. [13] señalaron que en ingredientes basados en yuca la fracción mineral puede variar por origen y procesamiento y advirtieron que incrementos de cenizas pueden sugerir contaminación mineral o productos tipo “high-ash meal”. En este contexto, el reporte conjunto de cenizas y del perfil mineral documenta trazabilidad analítica del insumo y reduce la incertidumbre asociada a variabilidad de materias primas [50].

### C. Metales pesados

Parámetro	Resultado	Límite permisible
Plomo (mg/kg)	No detectable	< 0,1
Cadmio (mg/kg)	No detectable	< 0,05
Mercurio (mg/kg)	No detectable	< 0,01
Arsénico (mg/kg)	No detectable	< 0,1

En el componente toxicológico, se reportó resultados no detectables para Pb, Cd, Hg y As, y los valores se ubicaron dentro de los límites permisibles consignados en el control. Este resultado no evidenció contaminación por metales pesados en la muestra analizada y respalda la seguridad del suplemento desde el punto de vista toxicológico. La evidencia documental del control se encuentra en el informe de laboratorio externo incorporado como Anexo 5.

### D. Análisis microbiológico

Parámetro	Resultado	Valor límite permisible	Método/Norma
Aerobios mesófilos (UFC/g)	872	< 10 <sup>3</sup>	AOAC 990.12
Coliformes totales (UFC/g)	Ausencia	< 10 <sup>5</sup>	AOAC 991.14
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	Ausencia	< 10	NTE INEN 1529-13
Mohos y levaduras (UFC/g)	Ausencia	< 10 000	AOAC 975.55

En el bloque microbiológico, el recuento de aerobios mesófilos fue 872 UFC/g y se ubicó por debajo del valor límite permisible (< 10<sup>3</sup>), mientras que coliformes totales, *Escherichia coli*,

mohos y levaduras registraron ausencia. Este contraste con los valores de referencia describe una condición higiénico-sanitaria favorable del producto evaluado y descarta un patrón compatible con contaminación relevante por fallas críticas de manejo. Además, Katu et al. [21] sostienen que la calidad del producto fermentado depende del control del proceso y de prácticas adecuadas de preparación, lo que refuerza la interpretación de los resultados como evidencia de inocuidad operativa del suplemento.

## 10.2. Desempeño productivo: peso vivo final a los 42 días

De acuerdo con el criterio del cliente y del enfoque productivo del estudio, el parámetro central de evaluación productiva corresponde al peso vivo final al día 42, porque representa el resultado acumulado del ciclo de finalización bajo los niveles de inclusión establecidos.

El análisis estadístico mostró que el peso vivo final no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,2641$ ). El tratamiento control (T0) registró 2 477,80 g, mientras que los tratamientos con BFY registraron valores promedio numéricamente cercanos: T1 (2 %) 2 579,60 g, T2 (4 %) 2 564,60 g y T3 (6 %) 2 358,50 g.

**Tabla 5.** Peso vivo final (día 42) por tratamiento

Tratamiento	Inclusión BFY (%)	Peso vivo final (g)
T0	0	2 477,80
T1	2	2 579,60
T2	4	2 564,60
T3	6	2 358,50
<b>ANOVA</b>		<b>p = 0,2641</b>

*Nota.* elaboración propia con base en la base de datos primaria (Anexo 3) y salidas de ANOVA (Anexo 4).

La Tabla 5 evidenció que el peso vivo final no presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,2641$ ), lo que indica equivalencia productiva al cierre del ciclo bajo los niveles de inclusión evaluados. No obstante, el patrón numérico sugiere un comportamiento no lineal: T1 y T2 registraron valores superiores al control, mientras que T3 mostró el menor promedio, lo que sugiere que el nivel más alto podría asociarse con una respuesta menos favorable, aunque sin respaldo estadístico concluyente. Este resultado se discute en contraste

con el metaanálisis de Ogbuewu et al. [4], que sintetiza respuestas variables del desempeño cuando se incorporan productos de yuca en dietas de pollos, lo que refuerza que el efecto depende del tipo de ingrediente y de su forma de inclusión. también, resultado se interpreta a la luz de ensayos con harina de raíz de yuca, donde una inclusión moderada puede mantener desempeño comparable frente a control, dependiendo del nivel y etapa [51]. Además, Bhuiyan e Iji [14] reportaron que el desempeño puede variar por forma física del producto y por limitaciones de digestión de carbohidratos en el ave; por ello, la ausencia de diferencias significativas en el presente ensayo sugiere que la BFY no penalizó el resultado final dentro del rango evaluado, aunque el comportamiento numérico aconseja interpretar el 6 % con cautela como nivel de posible sensibilidad [52].

### 10.3. Conversión alimenticia: comportamiento por fase (día 32 y día 39)

La conversión alimenticia constituye un indicador sensible cuando se incorporan recursos alternativos basados en yuca, por su dependencia de digestibilidad y utilización de nutrientes [53]. En este estudio se registró en puntos específicos del ciclo y mostró un comportamiento dependiente del momento de evaluación. El análisis evidenció diferencias significativas al día 32 ( $p = 0,0218$ ) y ausencia de diferencias al día 39 ( $p = 0,0963$ ), lo cual indica un efecto temporal que no se sostuvo al cierre del periodo productivo.

**Tabla 6.** Conversión alimenticia por tratamiento (CA32 y CA39)

Tratamiento	Inclusión BFY (%)	CA32	Grupo (Duncan, CA32)	CA39
T0	0	1,52	B	1,78
T1	2	1,53	B	1,64
T2	4	1,50	B	1,82
T3	6	1,73	A	1,68
<b>ANOVA</b>		<b>p = 0,0218</b>		<b>p = 0,0963</b>

Elaboración propia con base de datos primaria (Anexo 3) y salidas ANOVA/Duncan (Anexo 4).

La Tabla 6 mostró diferencias significativas en conversión alimenticia al día 32 ( $p = 0,0218$ ), con T3 como el tratamiento de mayor CA32 y separado del resto por Duncan, lo que indica menor eficiencia en un punto intermedio del ciclo. Sin embargo, al día 39 no se observaron diferencias ( $p = 0,0963$ ), lo que sugiere que el efecto no se sostuvo hacia el final del periodo

productivo y refuerza la interpretación de una respuesta temporal. Este comportamiento se discute considerando que la conversión alimenticia constituye un indicador sensible cuando se modifican ingredientes energéticos o se incorporan recursos alternativos, debido a su dependencia de consumo, digestión y utilización de nutrientes [10], y porque la respuesta del ave a productos de yuca puede variar según digestibilidad y forma del producto [14]. En contraste con la expectativa de un efecto estable, Liao et al. [20] describieron que los alimentos fermentados pueden modular la salud intestinal al influir sobre la microbiota cecal, lo que abre la posibilidad de ajustes progresivos del ecosistema digestivo que se expresan de forma diferenciada por etapa. La fermentación de ingredientes puede mejorar su calidad y modular respuestas productivas, incluso bajo desafíos entéricos, con implicancias en eficiencia alimenticia [54]. La modulación de la microbiota intestinal es un mecanismo plausible para cambios en eficiencia, dado que productos derivados de fermentación pueden reconfigurar comunidades microbianas [55]. Ingredientes proteicos fermentados han mostrado efectos en desempeño y microbiota cecal, lo que apoya interpretar variaciones de conversión como respuesta ecofisiológica [56]. La producción de ácidos grasos de cadena corta y su relación con eficiencia alimenticia sugiere que cambios microbianos pueden reflejarse en FCR [57]. Por tanto, el incremento puntual de CA32 en el nivel más alto se interpreta como señal de sensibilidad transitoria del lote, mientras que la ausencia de diferencias al día 39 sugiere ajuste fisiológico posterior bajo la suplementación continua.

#### 10.4. Consumo de agua: respuesta hídrica por puntos de evaluación

El consumo de agua se registró en los días 18, 25, 32, 39 y 42. El análisis mostró diferencias significativas en etapas tempranas, con tendencia a homogeneización hacia el final del ciclo, lo que sugiere un efecto inicial del suplemento sobre la respuesta hídrica del lote.

**Tabla 7.** Consumo de agua (mL/ave/día) por tratamiento

Tratamiento	Día 18	Día 25	Día 32	Día 39	Día 42
T0 (0 %)	252,71	384,11	495,19	695,59	751,71
T1 (2 %)	289,93	443,41	545,78	728,50	760,16
T2 (4 %)	277,22	449,00	538,00	719,00	752,22
T3 (6 %)	292,50	443,39	541,25	724,25	751,71
CV (%)	5,45	3,39	3,55	2,07	1,34

<b>p-valor</b>	<b>0,0072</b>	<b>0,0024</b>	<b>0,0239</b>	0,0823	0,4881
----------------	---------------	---------------	---------------	--------	--------

Elaboración propia con base de datos primaria (Anexo 3) y salidas ANOVA/Duncan por punto de evaluación (Anexo 4).

La Tabla 7 evidenció diferencias significativas en el consumo de agua en los días 18, 25 y 32, con consumos promedio superiores en los tratamientos suplementados respecto al control, mientras que en los días 39 y 42 no se observaron diferencias. Este patrón sugiere un efecto inicial asociado a la vía de administración del suplemento y a un proceso de ajuste progresivo del lote, debido a que el cambio se concentró en etapas tempranas y tendió a homogeneizarse hacia el cierre del ciclo. En consecuencia, el consumo hídrico no mostró un incremento persistente atribuible al tratamiento, sino una respuesta temporal compatible con adaptación al suministro continuo del suplemento durante la fase de evaluación.

### 10.5. Rendimiento a la canal y biometría intestinal

El rendimiento a la canal constituye un indicador complementario de eficiencia productiva, debido a que refleja la proporción de canal obtenida respecto al peso vivo. En este estudio, su cálculo se sustentó en el procedimiento descrito en 06. Determinación de Rendimiento a la canal y en el protocolo de faenamiento del Capítulo 9. El análisis global no evidenció diferencias significativas para rendimiento a la canal ( $p = 0,1115$ ), aunque se registraron variaciones numéricas entre tratamientos.

En el componente fisiológico, el peso del intestino delgado mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0030$ ), mientras que la longitud presentó tendencia sin significancia estadística ( $p = 0,0759$ ). Por tanto, la BFY se asoció con variación en un indicador orgánico del tracto digestivo, sin evidencia estadística sólida de cambios en longitud.

**Tabla 8.** Rendimiento a la canal y biometría intestinal por tratamiento (media y EE)

<b>Tratamiento</b>	<b>Inclusión BFY (%)</b>	<b>Peso intestino delgado (g)</b>	<b>EE</b>	<b>Longitud intestino delgado (cm)</b>	<b>EE</b>	<b>Rendimiento a la canal (%)</b>	<b>EE</b>
T0	0	70,40	2,77	206,93	6,08	81,34	3,46
T1	2	56,60	2,77	222,80	6,08	88,12	3,46

T2	4	56,00	2,77	198,50	6,08	74,78	3,46
T3	6	67,40	2,77	207,90	6,08	80,90	3,46
<b>p-valor</b>		<b>0,0030</b>		0,0759		0,1115	

Elaboración propia con base de datos primaria (Anexo 3), salidas ANOVA/Duncan para biometría (Anexo 4) y salidas ANOVA/Duncan para rendimiento a la canal (Anexo 4).

El peso del intestino delgado presentó diferencias significativas entre tratamientos ( $p = 0,0030$ ), con valores menores en T1 y T2 respecto al control, mientras que la longitud mostró tendencia sin significancia ( $p = 0,0759$ ) [59]. Este hallazgo adquiere relevancia porque el tracto gastrointestinal responde de forma sensible a modificaciones de ingredientes y de digestibilidad, y esa respuesta puede expresarse en variaciones de peso relativo intestinal u otros órganos [14]. En dietas con ingredientes alternativos, la fibra y la estructura del sustrato influyen en la dinámica digestiva; Tejeda et al. [10] discuten el rol de la fibra dietaria en nutrición aviar, lo que refuerza la pertinencia de interpretar la biometría como indicador fisiológico frente a un suplemento basado en yuca. En dietas con ingredientes alternativos, el tipo y nivel de fibra influyen en dinámica digestiva, crecimiento de órganos y viscosidad intestinal; por ello, la biometría es un indicador fisiológico pertinente [58]. Además, Katu et al. [21] describieron la fermentación como estrategia para mejorar la calidad de ingredientes de menor grado; por ello, una reducción de masa intestinal en niveles intermedios, sin evidencia de penalización del rendimiento final del ciclo, se interpreta como una adaptación digestiva potencialmente eficiente dentro del rango evaluado.

El rendimiento a la canal no presentó diferencias significativas ( $p = 0,1115$ ), por lo que las variaciones observadas se interpretan como numéricas y no como efecto atribuible al tratamiento. Dietas con productos de yuca fermentada han evaluado variables intestinales y microbiológicas, apoyando la discusión de adaptación digestiva sin penalización final [60]. Dietas con productos de yuca fermentada han evaluado variables intestinales y microbiológicas, apoyando la discusión de adaptación digestiva sin penalización final [60]. La suplementación con probióticos (p.ej., *Bacillus subtilis*) puede mejorar desempeño y perfiles sanguíneos, constituyendo alternativa al uso de antibióticos promotores [61]. La microencapsulación de probióticos incrementa la viabilidad y la eficacia potencial del suministro, aspecto relevante si se busca estandarizar BFY como fuente funcional [62]. Subproductos de yuca (incluyendo residuos secos) pueden influir en carcasa y calidad de carne, y el uso de enzimas puede modular dichos efectos [63]. En consecuencia, el valor numérico

mayor registrado en T1 se considera una señal que requiere confirmación con mayor potencia estadística o con control adicional de fuentes de variabilidad, debido a que el contraste inferencial no respaldó diferencias entre tratamientos.

### 10.6. Órganos linfoides: bolsa de fabricio , timo y bazo

La biometría de órganos linfoides no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0,05$ ). Este resultado sugiere estabilidad inmunológica general del lote dentro del rango de inclusión evaluado y disminuye la probabilidad de que el suplemento haya actuado como estresor sistémico.

**Tabla 9.** Biometría de órganos linfoides por tratamiento (media y EE)

Tratamiento	Inclusión BFY (%)	BolsaF (g)	EE	Timo (g)	EE	Bazo (g)	EE
T0	0	4,20	0,43	6,85	0,43	2,15	0,18
T1	2	4,30	0,43	7,90	0,43	2,30	0,18
T2	4	4,80	0,43	8,20	0,43	2,30	0,18
T3	6	4,10	0,43	8,00	0,43	2,35	0,18
<b>p-valor</b>		0,6683		0,1612		0,8672	

Elaboración propia con base de datos primaria (Anexo 3) y salidas ANOVA (Anexo 4).

La Tabla 9 no evidenció diferencias significativas en bolsa de Fabricio, timo y bazo ( $p > 0,05$ ), lo que sugiere estabilidad sistémica del lote dentro del rango de inclusión evaluado. Este resultado se interpreta como ausencia de un efecto de estrés inmunológico detectable por biometría, criterio coherente con el enfoque del estudio, que utiliza órganos linfoides como indicadores fisiológicos sin convertir el ensayo en una caracterización microbiológica del ave [21]. En contraste, investigaciones sobre fermentados y probióticos en pollos han evaluado cambios en parámetros fisiológicos y de salud intestinal como parte del efecto biológico de estas estrategias, lo que evidencia que su impacto no es uniforme y depende del insumo y del manejo [5], [20]. Por tanto, la ausencia de diferencias en órganos linfoides respalda la compatibilidad fisiológica del suplemento bajo las condiciones del ensayo.

### 10.7. Análisis económico: relación beneficio/costo

El análisis económico permite decidir más allá del desempeño biológico, identificando el nivel de inclusión con mayor conveniencia financiera. Para este propósito, se consolidaron los

egresos y los ingresos por tratamiento conforme al módulo económico del estudio y se calculó la relación beneficio/costo como cociente entre ingresos totales y egresos totales.

**Tabla 10.** Egresos, ingresos y relación beneficio/costo por tratamiento

<b>Rubro</b>	<b>T0 (Control)</b>	<b>T1 (2 %)</b>	<b>T2 (4 %)</b>	<b>T3 (6 %)</b>
<b>EGRESOS (USD)</b>				
Número de aves	25	25	25	25
Costo de aves	16,50	16,50	16,50	16,50
Alimento (fase inicial)	13,80	12,50	12,18	12,60
Alimento (fase crecimiento)	24,10	23,78	22,85	22,76
Alimento (fase engorde)	23,83	22,99	21,70	21,93
Fermento de yuca	4,25	4,25	4,25	4,25
Insumos veterinarios	5,50	5,50	5,50	5,50
Agua	7,50	7,50	7,50	7,50
Luz	10,00	10,00	10,00	10,00
Mano de obra	10,50	10,50	10,50	10,50
<b>Total, egresos</b>	<b>140,98</b>	<b>138,52</b>	<b>135,98</b>	<b>136,54</b>
<b>INGRESOS (USD)</b>				
Venta de aves (lb)	200,00	210,00	220,00	215,00
Pollinaza	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Total, ingresos</b>	<b>203,00</b>	<b>213,00</b>	<b>223,00</b>	<b>218,00</b>
<b>Relación B/C (Ingresos/Egresos)</b>	<b>1,44</b>	<b>1,54</b>	<b>1,64</b>	<b>1,60</b>

Elaboración propia con base consolidada del ensayo (Anexo 3).

La Tabla 10 evidenció que T2 (4 %) presentó la mayor relación beneficio/costo (B/C = 1,64), seguida de T3 (1,60) y T1 (1,54), mientras que el control alcanzó 1,44. Este resultado se explica por la combinación de menor costo total de producción y mayor ingreso por venta en el tratamiento señalado, lo que confirma que la selección del nivel de inclusión debe integrar el criterio económico, incluso cuando el desempeño biológico no presenta diferencias significativas [64]. En este marco, el documento base del proyecto enfatiza que la alimentación representa una proporción elevada de los costos de crianza, lo que justifica evaluar alternativas

que reduzcan costos sin deteriorar parámetros productivos [2]. Además, Pomboza-Tamaquiza et al. [7] documentaron dependencia estructural de materias primas en el contexto local, lo que refuerza la pertinencia de estrategias que reduzcan vulnerabilidad por insumos convencionales. Finalmente, Nkwocha et al. [22] aplicaron análisis económico en dietas suplementadas como soporte decisional, lo que respalda la utilización de la relación B/C para identificar el nivel de inclusión más rentable dentro del rango evaluado. Además, la evidencia sobre mezclas fermentadas de yuca con PKC (húmedas o secadas) como reemplazo de maíz muestra implicancias en desempeño y costos, lo que respalda la extrapolación del análisis económico hacia escenarios de aplicación productiva [65].

### **10.8. Delimitación del componente microbiológico en aves**

El estudio abordó el objetivo de inocuidad del suplemento mediante control externo del producto antes de su inclusión, conforme a los indicadores reportados en el informe de laboratorio. En contraste, el ensayo no incorporó recuentos microbiológicos directos de microbiota en heces o contenido intestinal por tratamiento. Por tanto, la discusión sobre salud intestinal se sustenta en dos evidencias verificables: la inocuidad del suplemento y la respuesta fisiológica medida directamente en el ave, particularmente el peso del intestino delgado como indicador de adaptación del tracto digestivo.

## **11. IMPACTOS**

A través de la presente investigación se analizaron los impactos técnicos, sociales, ambientales y económicos derivados de la incorporación de una alternativa nutricional no convencional en la fase de finalización de pollos de engorde. La validación de la bebida fermentada de yuca no solo constituye un resultado experimental, sino también una propuesta aplicable para fortalecer la eficiencia productiva y la sostenibilidad de sistemas avícolas que operan bajo presión de costos y dependencia de insumos externos.

Desde una perspectiva técnica, el estudio aporta un procedimiento operativo reproducible para la obtención de bebida fermentada de yuca y, de manera simultánea, un criterio de control mínimo de inocuidad basado en su caracterización físico-química y microbiológica. Este componente técnico resulta esencial porque la adopción de insumos alternativos suele estar limitada por riesgos de calidad y variabilidad del producto. En términos de desempeño, los resultados evidenciaron que la inclusión de BFY en niveles del 2 %, 4 % y 6 % mantuvo el rendimiento productivo dentro de rangos comerciales, sin diferencias significativas en el peso vivo final respecto al tratamiento control. Además, el estudio identificó una respuesta

fisiológica del tracto digestivo en el indicador biométrico del intestino delgado, lo cual aporta un soporte interpretativo para comprender la interacción dieta–fisiología bajo suplementación fermentada. En conjunto, estos hallazgos consolidan una alternativa técnicamente viable para suplementación en finalización sin penalización del rendimiento final.

Desde una perspectiva social, la investigación se proyecta como una opción para fortalecer encadenamientos productivos locales, debido a que la yuca representa un recurso disponible en sistemas rurales y periurbanos y puede incorporarse como materia prima de bajo costo relativo. La posibilidad de transformar excedentes o yuca de menor valor comercial en un insumo útil para avicultura favorece la valorización del producto agrícola y abre oportunidades de articulación entre pequeños productores de yuca y unidades avícolas de escala familiar o semiindustrial. Esta lógica contribuye a disminuir la vulnerabilidad del productor ante incrementos del costo del balanceado comercial, al incorporar estrategias de suplementación basadas en recursos locales.

Desde una perspectiva ambiental, la propuesta se vincula con principios de economía circular al promover el aprovechamiento de recursos agrícolas y reducir la pérdida de biomasa con potencial productivo. La transformación de materia prima local mediante fermentación se orienta a mejorar la funcionalidad del sustrato y su estabilidad, lo cual puede favorecer una utilización más eficiente de nutrientes en el ave. Asimismo, al plantear una alternativa de suplementación basada en un proceso biotecnológico simple, se fortalece la tendencia hacia estrategias no antibióticas como soporte de productividad en sistemas avícolas, con la expectativa de disminuir la dependencia de promotores sintéticos. Estos impactos deben interpretarse como contribuciones potenciales coherentes con el enfoque del estudio, debido a que la investigación no cuantificó directamente variables ambientales.

En términos económicos, el impacto se expresa de forma directa en la rentabilidad del ciclo. El análisis financiero evidenció que el nivel de inclusión del 4 % se asoció con la relación beneficio/costo más favorable del ensayo ( $B/C = 1,64$ ), lo cual sugiere una mejora del retorno económico frente al manejo convencional. Este resultado es relevante porque los costos de alimentación suelen concentrar el mayor peso en la estructura operativa del sistema avícola. En consecuencia, la BFY se proyecta como una herramienta para mejorar el margen del productor y funcionar como amortiguador ante la volatilidad de los precios de insumos convencionales.

## **12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **12.1. Conclusiones**

Los resultados del control de calidad del suplemento evidenciaron que la bebida fermentada de yuca presentó características compatibles con un producto estable para su uso en el ensayo. El pH ácido y la ausencia de indicadores críticos de contaminación microbiológica, junto con la ausencia de metales pesados detectables, sustentaron la inocuidad del insumo como condición previa para su incorporación en la suplementación del lote experimental.

En relación con el comportamiento productivo, la inclusión de BFY en niveles del 2 %, 4 % y 6 % mantuvo el rendimiento productivo final dentro de rangos comerciales y no generó diferencias significativas en el peso vivo final respecto al tratamiento control. La conversión alimenticia mostró un comportamiento dependiente del momento de evaluación, con variación temporal, pero sin evidenciar penalización sostenida al cierre del ciclo. En conjunto, estos resultados respaldan la viabilidad productiva de la suplementación con BFY en fase de finalización bajo las condiciones del ensayo.

En el componente fisiológico, el estudio evidenció una respuesta en la biometría intestinal, expresada como variación significativa en el peso del intestino delgado en determinados niveles de inclusión. De forma complementaria, la biometría de órganos linfoides no presentó diferencias significativas entre tratamientos, lo cual sugiere estabilidad sistémica dentro del rango evaluado y refuerza la compatibilidad del suplemento bajo el control de inocuidad aplicado.

En cuanto a la rentabilidad económica, el tratamiento con 4 % de inclusión presentó la relación beneficio/costo más favorable del estudio ( $B/C = 1,64$ ), por lo que se identificó como el nivel de inclusión más rentable frente al manejo convencional. Este hallazgo confirma que la evaluación económica resulta determinante para la adopción de alternativas nutricionales, debido a que permite seleccionar el nivel de inclusión con mejor equilibrio entre costos operativos y retorno por venta.

### **12.2. Recomendaciones**

- Se recomienda implementar la bebida fermentada de yuca al nivel de inclusión del 4 % en la fase de finalización, debido a que este tratamiento presentó el mejor desempeño económico del ensayo sin comprometer el rendimiento productivo final.

- Se recomienda estandarizar el proceso de elaboración, manteniendo un periodo de fermentación entre 24 y 48 h a 25–30 °C, y aplicando controles organolépticos antes del suministro. Cuando sea posible, se sugiere verificar periódicamente el pH del producto y sostener prácticas higiénicas estrictas en la preparación y almacenamiento del suplemento.
- Para futuras investigaciones, se sugiere incorporar evaluaciones complementarias que permitan profundizar la interpretación fisiológica, como histología intestinal (altura de vellosidades y profundidad de criptas). También se recomienda evaluar el efecto de la BFY en fases tempranas del ciclo productivo, con niveles de inclusión ajustados a la sensibilidad fisiológica del pollito.
- Se recomienda fortalecer la transferencia de esta alternativa mediante programas de vinculación con la sociedad, orientados a capacitar a pequeños productores en elaboración, manejo y control básico del fermento, y a promover encadenamientos productivos locales entre agricultura y avicultura.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE). [Internet]. 2026 [cited 2026 Feb]. Available from: <https://conave.org>.
2. Quevedo D CM. Actualidad Avipecuaria [Internet]. 2023. Available from: <https://actualidadavipecuaria.com>.
3. Bhavna A, ZTIPBA. Growth performance, carcass characteristics and meat sensory evaluation of broiler chickens fed diets with fermented cassava leaves. *Anim Biosci*. 2024; 37(7).
4. Ogbuewu IP, MCA. Meta-analysis of substitution value of maize with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) on growth performance of broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022; 9.
5. Sugiharto S, YTIWEPF. Intestinal microbial ecology and hematological parameters of broiler fed cassava waste pulp fermented with *Acremonium charticola*. *Vet World*. 2017; 10(3).
6. Kizito G, MAKF. Growth Performance and Carcass Traits of Broiler Chicken Fed on Diets Containing Rumen Filtrate Fermented by Cassava Meal. *JWPS*. 2025; 4(3).
7. Pomboza-Tamaquiza P, Guerrero-López R, Guevara-Freire D, Rivera V. Granjas avícolas y autosuficiencia de maíz y soya: caso Tungurahua-Ecuador. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. 2018; 28(51).
8. Osman G, Maleta W, Masamba K, Ng'ong'ola-Manani T, Kalimbira AA. Cyanide in cassava: unveiling health risks in the lens of unsustainable food systems in Sub-Saharan Africa – a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025; 9.
9. Qin Y, Duan B, Shin J, So H, Hong E, Jeong H, Lee J, Lee K. Effect of Fermentation on Cyanide and Ethyl Carbamate Contents in Cassava Flour and Evaluation of Their Mass Balance during Lab-Scale Continuous Distillation. *Foods*. 2021; 10(5): 1089.
10. Tejada O, KW. Role of Dietary Fiber in Poultry Nutrition. *Animals*. 2021; 11(2): 461.
11. D Q. Análisis de la dependencia de materias primas en la avicultura latinoamericana. *Actualidad Avipecuaria*. 2023; 15(4).
12. Ogbuewu IP, MC. Meta-analysis of substitution value of maize with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) on growth performance of broiler chickens. *Front Vet Sci*. 2022; 14(9).

13. Fanelli NS, Torres-Mendoza LJ, Abelilla JJ, Stein HH. Chemical composition of cassava-based feed ingredients from South-East Asia. *Animal Bioscience*. 2023; 36(6): 908–919.
14. Bhuiyan MM, Iji PA. Energy Value of Cassava Products in Broiler Chicken Diets with or without Enzyme Supplementation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015; 28(9): 1317–1326.
15. Álvarez A, RACSBLRLBMMJ. Solid-State Fermentation as a Biotechnological Tool to Reduce Antinutrients and Increase Nutritional Content in Legumes and Cereals for Animal Feed. *Fermentation*. 2025; 11(7).
16. Luong M, Thanh N, Son C, Yves W. Protein enrichment of Cassava-Based dried distiller's grain by solid state fermentation using *Trichoderma harzianum* and *Yarrowia lipolytica* for feed ingredients. *Waste and Biomass Valorization*. 2020; 12(7): 3875–3888.
17. Jurado-Gómez HA, Zambrano-Mora EJ, Pazos-Moncayo A. Adición de un probiótico de *Lactobacillus plantarum* microencapsulado en el alimento para pollos. *Universidad y Salud*. 2021; 23(2): 151–161.
18. Tallentire CW, LIKI. Artificial selection for improved energy efficiency is reaching its limits in broiler chickens. *Sci Rep*. 2018; 8: 1168.
19. Abd El-Hack ME, ESMSM. Probiotics and plant-derived compounds as eco-friendly agents to inhibit microbial toxins in poultry feed. *Environ Sci Pollut Res*. 2022; 29.
20. Liao X, WJML. Fermented feed regulates the growth performance and gut health of broilers by modulating the cecal microbiota. *Anim Nutr*. 2024; 13.
21. Katu JK, TTVL. Enhancing the Nutritional Quality of Low-Grade Poultry Feed Ingredients Through Fermentation: A Review. *Agriculture*. 2025; 15(5).
22. G. A. N, A. U. O, F. C. A, A. C. M, U. T. N. Growth Performance and Economics of Production of finisher broiler chickens fed diets supplemented with *Moringa oleifera*-*Carica papaya* mix leaf meal. *Nigerian Journal of Animal Production*. 2025; 51(4): 1–9.
23. Montagnac JA, Davis CR, Tanumihardjo SA. Processing techniques to reduce toxicity and antinutrients of cassava for use as a staple food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2009;8(1):17–27. doi:10.1111/j.1541-4337.2008.00064.x.
24. Ogbuewu IP, Mabelebele M, Mbajiorgu CA. Meta-analysis of blood indices and production physiology of broiler chickens on dietary fermented cassava intervention. *Tropical Animal Health and Production*. 2023;55:368. doi:10.1007/s11250-023-03783-1.

25. Sugiharto S, Ranjitkar S. Recent advances in fermented feeds towards improved broiler chicken performance, gastrointestinal tract microecology and immune responses: A review. *Animal Nutrition*. 2019;5(1):1–10. doi:10.1016/j.aninu.2018.11.001.
26. Peng W, Talpur MZ, Zeng Y, Xie P, Li J, Wang S, et al. Influence of fermented feed additive on gut morphology, immune status, and microbiota in broilers. *BMC Veterinary Research*. 2022;18(1):218. doi:10.1186/s12917-022-03322-4.
27. Fajardo P, et al. Probiotics (LAB) in animal production. *The Scientific World Journal*. 2012;2012:562635. doi:10.1100/2012/562635.
28. Chen JY, Yu Y. *Bacillus subtilis*-fermented products under challenge in broilers. *Poultry Science*. 2021. doi:10.1016/j.psj.2020.10.070.
29. Feddes JJR, Emmanuel EJ, Zuidhof MJ. Broiler performance and water intake at different stocking densities. *Poultry Science*. 2002;81(6):774–779. doi:10.1093/ps/81.6.774.
30. Awad EA, et al. Effects of heat stress on growth, immunity, caecal microflora, meat quality. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020;33(5):778–787. doi:10.5713/ajas.19.0208.
31. Ozkan M, Simsek UG. The effect of light/dark cycles on performance and welfare in broiler. *Annals of Animal Science*. 2022. doi:10.2478/aoas-2021-0080.
32. Pesti GM, Amato SV, Minear LR. Water consumption of broiler chickens under commercial conditions. *Poultry Science*. 1985;64(5):803–808. doi:10.3382/ps.0640803.
33. Magee CL, Olanrewaju HA, Campbell JC, Purswell JL. Effect of photoperiod on live performance in broiler chicks from placement to 14 d. *Journal of Applied Poultry Research*. 2022;31:100295. doi:10.1016/j.japr.2022.100295.
34. Lott BD, et al. Feed intake effect on water consumption during heat exposure. *Poultry Science*. 1991. doi:10.3382/ps.0700756.
35. Aristizabal-Gutierrez D, Narváez-Solarte W, Giraldo-Carmona J. Evaluación de una mezcla probiótica en el pollo de engorde bajo condiciones comerciales de producción. *Revista Veterinaria y Zootecnia*. 2016;10(2):53–61. doi:10.17151/vetzo.2016.10.2.5.
36. Wang X, et al. Prebiotics, probiotics, and their combination on performance and intestinal morphology. *Poultry Science*. 2016;95(6):1332–1340. doi:10.3382/ps/pew030.
37. Montagnac JA, Davis CR, Tanumihardjo SA. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2009;8(3):181–194. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00077.x.

38. Amoa-Awua WKA, Appoh FE, Jakobsen M. Lactic acid fermentation of cassava dough into agbelima. *International Journal of Food Microbiology*. 1996;31(1–3):87–98. doi:10.1016/0168-1605(96)00967-1.
39. Freire AL, et al. Microbiological and chemical parameters during cassava-based substrate fermentation. *Food Research International*. 2015. doi:10.1016/j.foodres.2015.07.041.
40. Freire AL, et al. Nondairy beverage produced by controlled fermentation of cassava and rice. *International Journal of Food Microbiology*. 2017. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.011.
41. Lu T, Song B, Yang J, Tan H, Qiao H, Zhi W, Chen R, Sheng Z. *Lactobacillus* HNC7-YLC92 improves the fermentation quality of cassava–acerola cherry beverage. *Fermentation*. 2024;10(2):90. doi:10.3390/fermentation10020090.
42. Oguntoye MA, Ezekiel OO. Probiotic beverage from provitamin A cassava starch hydrolysate. *Food Science and Technology International*. 2024. doi:10.1177/10820132221143162.
43. Rebaza-Cardenas M, et al. Peruvian masato and chicha as sources to isolate probiotic bacteria. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2023. doi:10.1007/s12602-021-09836-x.
44. Bradbury JH, Egan SV, Lynch MJ. Analysis of cyanide in cassava using acid hydrolysis of cyanogenic glucosides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1991;55(2):277–290. doi:10.1002/jsfa.2740550213.
45. Song J, et al. Probiotic mixture: intestinal microflora, morphology, barrier integrity under heat stress. *Poultry Science*. 2014;93(3):581–588. doi:10.3382/ps.2013-03455.
46. Cressey P, Reeve J. Metabolism of cyanogenic glycosides: A review. *Food and Chemical Toxicology*. 2019;125:225–232. doi:10.1016/j.fct.2019.01.002.
47. Jørgensen K, et al. Biosynthesis of the cyanogenic glucosides linamarin and lotaustralin in cassava. *Plant Physiology*. 2011;155(1):282–292. doi:10.1104/pp.110.164053.
48. White WLB, et al. Cyanogenesis in cassava: role of hydroxynitrile lyase in root cyanide production. *Plant Physiology*. 1998;116(4):1219–1225. doi:10.1104/pp.116.4.1219.
49. Quinn AA, Myrans H, Gleadow RM. Cyanide content of cassava food products available in Australia. *Foods*. 2022;11(10):1384. doi:10.3390/foods11101384.
50. Ravindran V. Cassava leaves as animal feed: Potential and limitations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1993. doi:10.1002/jsfa.2740610202.

51. Yang Y, et al. Effects of cassava root meal on growth performance and organ/intestine indices of broilers. *Tropical Animal Health and Production*. 2024;56(8):274. doi:10.1007/s11250-024-04135-3.
52. Akapo AO, et al. Cassava root meal (peeled/unpeeled): performance, HCN intake, haematological parameters. *Tropical Animal Health and Production*. 2014;46(7):1167–1172. doi:10.1007/s11250-014-0622-5.
53. Alade AA, et al. *Zymomonas mobilis* degraded cassava sifting in broilers: digestibility and economy. *Tropical Animal Health and Production*. 2020;52(3):1413–1423. doi:10.1007/s11250-019-02146-z.
54. Jazi V, et al. Fermented soybean meal and Salmonella challenge in broilers. *Poultry Science*. 2019. doi:10.3382/ps/pez338.
55. Gong L, et al. Cecal fermentation broth regulates gut microbiota. *Frontiers in Microbiology*. 2019. doi:10.3389/fmicb.2019.01422.
56. Li Y, et al. Fermented soybean meal affects performance and cecal microbiota. *Animals*. 2020;10(6):1098. doi:10.3390/ani10061098.
57. He S, et al. Cecal SCFA and genetics on feed efficiency. *Microbiome*. 2023. doi:10.1186/s40168-023-01627-6.
58. Tejada OJ, Kim WK. Fiber type/particle size/inclusion level effects (organs, morphology, viscosity). *Poultry Science*. 2021;100(10):101397. doi:10.1016/j.psj.2021.101397.
59. Awad WA, et al. Probiotic and synbiotic effects on performance, organ weights, and intestinal histomorphology. *Poultry Science*. 2009. doi:10.3382/ps.2008-00244.
60. Sugiharto S, Yudiarti T, Isroli I. Two-stage fermented cassava pulp during finishing phase in broilers. *Tropical Animal Science Journal*. 2019;42(2):113–120. doi:10.5398/tasj.2019.42.2.113.
61. Maya-Ortega CA, Madrid-Garcés TA, Parra-Suescún JE. Efecto de *Bacillus subtilis* sobre metabolitos sanguíneos y parámetros productivos en pollo de engorde. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2021. doi:10.18684/bsaa.v19.n1.2021.1468.
62. Jurado-Gámez HA, Zambrano-Mora EJ, et al. Viabilidad y formulación con *Lactobacillus casei* microencapsulado. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. 2020. doi:10.31910/rudca.v23.n2.2020.1480.

63. Almeida AZ, et al. Dry residue of cassava (with/without carbohydrases) in slow-growing broilers: carcass and meat quality. *Tropical Animal Health and Production*. 2020;52(5):2677–2685. doi:10.1007/s11250-020-02308-4.
64. Chukwukaelo AK, et al. Fermented cassava roots + palm kernel cake as maize replacement: performance and meat quality. *Tropical Animal Health and Production*. 2018;50(3):485–493. doi:10.1007/s11250-017-1457-7.
65. Aladi NO, et al. Wet or sun-dried fermented cassava roots + palm kernel cake as replacement for maize: performance and economics. *Tropical Animal Health and Production*. 2021;53(2):255. doi:10.1007/s11250-021-02687-2.

