

ESREM-Vol.3. N1. 026

**Niveles de fermento de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L) en dietas para pollos en la etapa de engorde**

***Levels of cocoa mucilage ferment (*Theobroma cacao* L) in diets for chickens in the fattening stage***

**Autores:**

Luis Eduardo Mendoza Arreaga  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo-Ecuador  
[luise.mendoza2017@uteq.edu.ec](mailto:luise.mendoza2017@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0006-0971-5936>

Roberto Johan Barragán Monroy  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo-Ecuador  
[rbarraganm@uteq.edu.ec](mailto:rbarraganm@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4682-5529>

Peter Alexis Arguello Chavarría  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo-Ecuador  
[parguelloc@uteq.edu.ec](mailto:parguelloc@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-3101-9318>

Jenifer Elizabeth Guevara Pérez  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo-Ecuador  
[jenifer.guevara2013@uteq.edu.ec](mailto:jenifer.guevara2013@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-6988-689X>

Boris Alexis Perez Chinga  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo  
Quevedo-Ecuador  
[boris.perez2016@uteq.edu.ec](mailto:boris.perez2016@uteq.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0005-3124-2904>

**Autor de correspondencia:** Luis Eduardo Mendoza Arreaga, [luise.mendoza2017@uteq.edu.ec](mailto:luise.mendoza2017@uteq.edu.ec)

**Recepción:** 03-marzo-2026    **Aceptación:** 29-marzo-2026    **Publicación:** 21-abril-2026



**Cómo citar este artículo:**

Mendoza Arreaga, L. E., Barragán Monrroy, R. J., Arguello Chavarría, P. A., Guevara Pérez, J. E., & Perez Chinga, B. A. (2026). Niveles de fermento de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L) en dietas para pollos en la etapa de engorde. *Sage Sphere Multidisciplinary Studies*, 3(1), 1-19. <https://doi.org/10.63688/9qsjs95>

© 2026; Los autores. Este es un artículo en acceso abierto, distribuido bajo los términos de una licencia Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>) que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea correctamente citada.



### RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de la inclusión de un fermento elaborado a partir de mucílago de cacao en dietas para pollos de engorde, con el objetivo de determinar su impacto microbiológico y productivo. La investigación se desarrolló bajo un DCA, utilizando 80 pollos distribuidos en cuatro tratamientos con cuatro observaciones, conformando 16 unidades experimentales de cinco aves cada una. Se analizaron variables microbiológicas en PDA y MRS y productivas. La cinética microbiana mostró que el tratamiento con mayor inclusión de mucílago generó una fase estacionaria prolongada, asociada a un sustrato de mayor calidad. El balanceado formulado alcanzó 3130,45 kcal/kg de energía metabolizable y 14,58 % de proteína bruta. En pollos Ross 308, la inclusión del fermento al 15%, a partir de la tercera semana mejoró significativamente la ganancia de peso, la conversión alimenticia y el rendimiento a la canal (78,83 %), posicionándose como el tratamiento más eficiente. Se concluyó que el mucílago de cacao fermentado puede utilizarse hasta un 15% en dietas de pollos de engorde, mejorando el desempeño productivo y la eficiencia alimenticia sin efectos negativos.

**Palabras clave:** cinética, microorganismos, crecimiento microbiano, eficiencia.

### ABSTRACT

This study evaluated the effect of adding a ferment made from cocoa mucilage to broiler chicken diets, with the aim of determining its microbiological and productive impact. The research was conducted using a completely randomized design (CRD), with 80 chickens distributed across four treatments with four replicates, resulting in 16 experimental units of five birds each. Microbiological variables were analysed on PDA and MRS media, along with productive variables. Microbial kinetics showed that the treatment with the highest mucilage inclusion generated a prolonged stationary phase, associated with a higher-quality substrate. The formulated diet contained 3,130.45 kcal/kg of metabolizable energy and 14.58% crude protein. In Ross 308 chickens, the inclusion of 15% fermented mucilage starting in the third week significantly improved weight gain, feed conversion, and carcass yield (78.83%), positioning it as the most efficient treatment. It was concluded that fermented cocoa mucilage can be used at up to 15% in broiler diets, improving production performance and feed efficiency without negative effects.

**Keywords:** kinetics, microorganisms, microbial growth, efficiency.



## 1. INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial y el dinamismo económico han incrementado la demanda de alimentos, particularmente aquellos de origen animal. Este escenario ha impulsado la modernización de los sistemas de producción agropecuaria, orientándolos hacia modelos más eficientes, rentables y capaces de garantizar productos de alta calidad (FAO, 2015). Ante ello, se han estudiado alternativas basadas en la incorporación de subproductos agroindustriales locales como polvillo de arroz, mucílago de cacao y melaza para abaratar la formulación. Diversos trabajos han demostrado que estos materiales pueden valorizarse mediante fermentación sólida, mejorando su calidad nutricional y su potencial inclusión en dietas para pollos de engorde (Julián Ricardo & Ramos Sánchez, 2017).

La alternativa propuesta es emplear la fermentación de harina de soya, con diferentes niveles de mucílago de cacao. Este proceso tiene el potencial de mejorar el valor proteico y la digestibilidad de estos subproductos, lo que podría reducir los costos de producción de alimentos balanceados y promover una mayor sostenibilidad en la industria avícola (Zambrano Vargas, 2019). El uso de mucílago de cacao fermentado como insumo alternativo representa una oportunidad para diversificar la alimentación de pollos de engorde mediante el aprovechamiento biotecnológico de subproductos agroindustriales. La limitada evidencia científica sobre su efecto productivo hace necesario generar información confiable para valorar su pertinencia nutricional. Evaluar los niveles de inclusión permite identificar su impacto real bajo condiciones controladas, evitando suposiciones.

Según Mendoza, (2015), en el cantón El Empalme existe una marcada demanda insatisfecha de pollo criollo, debido a la escasa oferta y al prolongado tiempo requerido para su crianza en comparación con el pollo de incubadora, lo que además eleva su precio de mercado. A esto se suma que la producción se ve limitada por la presencia de enfermedades estacionales y por la falta de equipos de incubación que permitan acelerar la reproducción. Uno de los principales problemas local es la baja eficiencia en la utilización de residuos agrícolas, lo que genera desperdicios y costos adicionales para la disposición de estos subproductos. En el caso específico de Ecuador, el polvillo de arroz y el mucílago de cacao son subproductos abundantes, pero subutilizados, lo que genera una carga económica y ambiental para los productores (Vásquez Cortez et al., 2023).



En este contexto, se exponen teorías que enmarcan la relevancia de este estudio, en el caso de Campos et al, (2015) indican que la cinética de crecimiento microbiano durante la fermentación del cacao muestra una sucesión definida de microorganismos, que influye en la estabilidad y eficiencia del proceso. Inicialmente, las levaduras transforman azúcares en etanol, modificando el ambiente para el desarrollo posterior de bacterias ácido-lácticas que fermentan azúcares y ácidos. De la misma manera Guillen & De la Rosa, (2025) el mucílago de cacao, rico en compuestos orgánicos y nutrientes, se estudia como medio alternativo para el crecimiento microbiano. La formulación óptima (49,6% mucílago, 30% extracto, 20,9% peptona) favorece especialmente levaduras y bacterias ácido-lácticas debido al ambiente ácido resultante. Este hallazgo destaca el valor del mucílago para la preparación de medios de cultivo naturales, con potencial biotecnológico, promoviendo un crecimiento microbiano eficiente y sostenible.

Así pues, se establecieron metodologías objetivas y alcanzables como analizar la cinética de crecimiento microbiano durante la fermentación del sustrato, determinando su impacto en la estabilidad y eficiencia del proceso y evaluar el efecto de la inclusión con diferentes niveles del sustrato óptimo fermentado en una dieta balanceada sobre los parámetros productivos de pollos en etapa de engorde.

La ejecución de este estudio es esencial, ya que la incorporación de esta alternativa puede generar beneficios económicos y ambientales relevantes. El propósito principal es evaluar la factibilidad de utilizar harina de soya fermentada con mucílago de cacao en la formulación de dietas para pollos de engorde. Además, se busca determinar su efecto sobre el rendimiento productivo, planteándose como una opción sostenible y acorde con las necesidades actuales del sector. Por lo tanto, se comprobó si la inclusión de diferentes niveles de mucílago de cacao fermentado en dietas para pollos de engorde podría mejorar los parámetros productivos en comparación con formulaciones convencionales.

## **2. METODOLOGÍA**

La alternativa propuesta es emplear la fermentación de harina de soya, con diferentes niveles de mucilago de cacao, para la elaboración de balanceado para pollos de engorde. Este proceso tiene el potencial de mejorar el valor proteico y la digestibilidad de estos subproductos, lo que podría reducir los costos de producción de alimentos balanceados y promover una mayor



sostenibilidad en la industria avícola (Zambrano, 2019). Además, esta fermentación constituye una alternativa biotecnológica para aprovechar los residuos agrícolas, contribuyendo a la disminución del impacto ambiental (Bibi et al., 2023).

El enfoque de la investigación se basó en el trabajo de un total de 80 pollos de engorde, recibidos al primer día de vida con un peso inicial promedio de 45 g, garantizando uniformidad en el lote experimental. Durante la fase inicial, comprendida entre el día 1 y aproximadamente el día 14, las aves fueron alimentadas con un balanceado comercial convencional, continuando con la misma formulación durante el periodo de crecimiento (14 a 28 días). A partir del día 28 y hasta los 49 días de edad, se suministraron las dietas experimentales asignadas a cada tratamiento, cubriendo toda la etapa de engorde y permitiendo evaluar su efecto sobre el rendimiento productivo. Además, fue de tipo experimental evaluando el nivel óptimo de inclusión del fermento elaborado a partir de mucílago de cacao y harina de soya en la dieta de pollos de engorde.

Este fermento se consideró como alternativa al alimento balanceado convencional, buscando mejorar los indicadores productivos durante un período de tres semanas. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cuatro observaciones por tratamiento; cada observación consistió en cinco aves, totalizando 16 unidades experimentales. Los tratamientos incluyeron tres niveles del sustrato fermentado (5%, 10% y 15%) y un tratamiento control. Para el análisis estadístico, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) con el objetivo de identificar diferencias significativas entre los tratamientos detallado en las siguientes tablas 1 y 2.

**Tabla 1.**

*Proporciones utilizadas en los tratamientos con diferentes niveles de mucílago de cacao*

Tratamiento	H. de soya (g)	Agua destilada (mL)	% de mucílago	Mucílago agregado (mL)
T1	450	675	5 %	34 mL
T2	450	675	10 %	68 mL
T3	450	675	15 %	101 mL

*Nota.* Elaborado por autor.



**Tabla 2.** Esquema del experimento

Tratamiento	Niveles	Observaciones	Unidad experimental	Total
T1	0%	4	5	20
T2	5%	4	5	20
T3	10%	4	5	20
T4	15%	4	5	20
<b>Total</b>		16		<b>80</b>

*Nota.* Elaborado por autor.

Con base en los análisis realizados, se prepararon medios de cultivo PDA y MRS para el recuento de unidades formadoras de colonias y la detección de hongos, levaduras y bacterias ácido-lácticas utilizando. Además, se evaluó la estabilidad del proceso fermentativo mediante la observación de la uniformidad en el crecimiento microbiano y la producción de metabolitos asociados. Finalmente, se determinó el momento apropiado durante la fermentación cuando el crecimiento de los microorganismos llega a su pico, y los parámetros fisicoquímicos están en su mejor estado. En este proceso, se analizaron variables como la tasa de crecimiento de microorganismos ( $\mu$ ) y el tiempo de duplicación, con el objetivo de elegir el tratamiento que ofrezca el rendimiento microbiano más alto, el menor periodo de fermentación y un uso eficaz de sustrato. Las curvas de crecimiento microbiano en cada nivel de mucílago (5%, 10%, 15%) midieron variables como:

- Fase Lag (tiempo de adaptación de los microorganismos al sustrato).
- Tasa de crecimiento específica (velocidad con la que se multiplican).
- Población máxima alcanzada (densidad microbiana final).

Basado en lo que exponen Fernández et al, (2024) indican que el crecimiento bacteriano describe los cambios en el número de células a lo largo del tiempo y las fases características que presenta una población microbiana. Por lo tanto, una vez determinado el nivel óptimo de mucílago de cacao, se procedió a estructurar formulaciones nutricionales balanceadas, para la formulación de las dietas destinadas a los pollos de engorde se empleó la base de datos ZOOTECH v2.0, una herramienta especializada diseñada para la formulación de raciones balanceadas en aves y cerdos.



Se formaron grupos de estudio con distintos niveles (0%, 5%, 10%, 15%) de fermento en la alimentación, con el objetivo de medir su impacto en los parámetros de producción. Durante el periodo de engorde, se evaluaron factores productivos como la ganancia de peso, conversión alimenticia, consumo de alimento y rendimiento a la canal, con el fin de valorar el efecto de cada tratamiento.

**Tabla 3.** Dieta para los pollos en la etapa de engorde

Tratamiento	Fermen							
	to Óptimo (5%, 10% o 15%)	Polvillo de Arroz	Harina de Pesca	Maíz	Melaza	Premix vitamínico-mineral	Fosfato Dicálcico	Enzimas-aminoácidos
T1	0%	12%	10%	69%	5%	2%	1%	1%
T2	5%	12%	10%	64%	5%	2%	1%	1%
T3	10%	12%	10%	59%	5%	2%	1%	1%
T4	15%	12%	10%	54%	5%	2%	1%	1%

*Nota.* Elaborado por autor.

Sun et al, (2022) mencionan que el uso de ingredientes fermentados como parte de la dieta permite mejorar significativamente la digestibilidad de nutrientes al reducir los factores anti nutricionales (FAN) presentes en ingredientes de baja calidad, incrementar la disponibilidad de aminoácidos, mejorar el microbiota intestinal y fortalecer la salud general del ave. Este parámetro refleja tanto el aprovechamiento de los nutrientes disponibles como la velocidad y la consistencia con la que los microorganismos llevan a cabo la conversión metabólica (Soccol et al., 2017).

Una vez suministrado el balanceado a los pollos en fase de engorde, se registraron los valores de los parámetros productivos y se aplicó ANOVA, mismas en las que se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos propuestos, además de pruebas de



normalidad, homogeneidad y comparación de medias entre tratamientos, utilizando el programa estadístico InfoStat.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Recuento de PDA Y MRS

**Tabla 4.** Recuento microbiano

Tratamientos	Hora	PDA UFC/mL	MRS UFC/mL
T1	6	19,00	29,67
	12	1869,33	2777,33
	24	290,33	684,67
	48	446,00	892,00
T2	6	12,33	23,33
	12	956,67	1260,67
	24	1869,33	2777,33
	48	606,67	1030,67
T3	6	8,33	16,00
	12	500,00	622,67
	24	1034,67	2676,00
	48	533,33	897,33

*Nota.* Elaborado por autor.

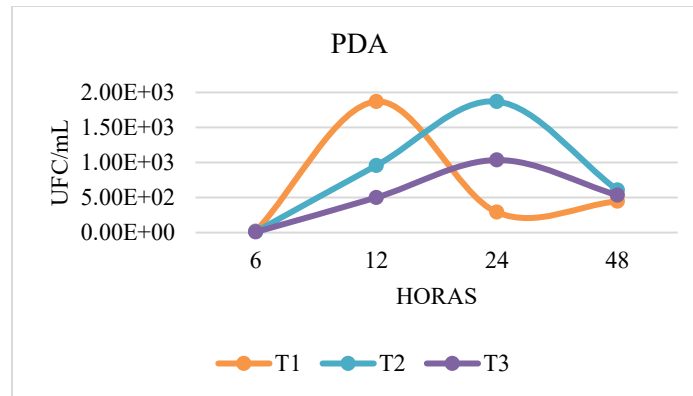
Los recuentos microbianos en PDA (hongos y levaduras) y MRS (bacterias lácticas) variaron según la concentración de mucílago y el tiempo de fermentación. Todos los tratamientos iniciaron con valores bajos a las 6 horas y luego mostraron incrementos progresivos, alcanzando picos en momentos distintos: T1 (5 %) a las 12 horas, T2 (10 %) a las 24 horas y T3 (15 %) con un aumento más gradual, alcanzando su máximo en MRS también a las 24 horas. Al finalizar el proceso, T2 registró los valores más elevados, evidenciando que el 10 % de mucílago promueve un crecimiento microbiano más constante. El 15 % modera la actividad microbiana, indicando un efecto regulador de la concentración de mucílago sobre la dinámica fermentativa (Tabla 4).



## Cinética de crecimiento

### Figura 1.

La cinética de crecimiento microbiano durante la fermentación del sustrato del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) en los tratamientos T1 (5%), T2 (10%) y T3 (15%) se representa en las figuras correspondientes al medio PDA



**Nota.** Elaborado por autor.

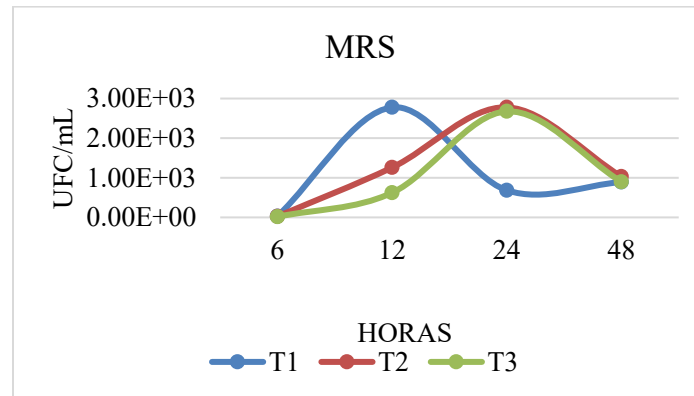
En el medio PDA, los tres tratamientos muestran una fase inicial de adaptación hasta las 6 horas, donde los valores de UFC/mL son bajos. Esto indica que la microbiota aún se está ajustando al nuevo medio antes de iniciar su crecimiento activo. Entre las 6 y 12 horas, el tratamiento T1 presenta el crecimiento más rápido. Su concentración microbiana se eleva desde valores casi nulos hasta cerca de  $1,9 \times 10^3$  UFC/mL, lo que evidencia una fase exponencial marcada. Este comportamiento sugiere que la concentración más baja de sustrato favoreció una rápida replicación celular en esta etapa (Figura 1).

En cambio, los tratamientos T2 y T3 muestran un crecimiento más gradual. Ambos alcanzan sus máximos recién a las 24 horas, con aproximadamente  $1,9 \times 10^3$  UFC/mL para T2 y  $1,0 \times 10^3$  UFC/mL para T3. Esto indica que las mayores concentraciones de sustrato retardaron el inicio de la fase de máximo crecimiento. Después de sus respectivos picos, cada tratamiento entra en fase estacionaria y posteriormente en fase de declive. En T1, esta transición ocurre pronto, después de las 12 horas, y se observa una caída notable hasta llegar a cerca de  $5,0 \times 10^2$  UFC/mL a las 48 horas. Por su parte, T2 y T3 mantienen sus poblaciones más estables entre las 24 y 48 horas, lo cual indica que las mayores concentraciones de sustrato permiten sostener la fase estacionaria por más tiempo antes de empezar el declive.

### Figura 2.



La cinética de crecimiento microbiano durante la fermentación del sustrato del mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) en los tratamientos T1 (5%), T2 (10%) y T3 (15%) se representa en las figuras correspondientes al medio MRS.



**Nota.** Elaborado por autor.

Respecto al medio MRS, diseñado para la proliferación de bacterias lácticas, los tratamientos presentan una cinética similar con ciertas diferencias temporales y cuantitativas. El tratamiento T1 mostró una fase exponencial intensa entre las 6 y 12 horas, con un incremento de la población microbiana hasta cerca de  $2,8 \times 10^3$  UFC/mL, seguido por un descenso marcado en las horas subsecuentes. Por otro lado, T2 y T3 evidenciaron una fase de crecimiento más prolongada, ejecutándose entre las 12 y 24 horas y alcanzando picos similares, cercanos a  $2,7-2,8 \times 10^3$  UFC/mL, indicando que las concentraciones superiores del sustrato favorecen un mecanismo diferido de replicación (Figura 2).

Posteriormente a los picos en UFC/mL, los tres tratamientos entraron en fases estacionarias seguidas de declives graduales, con una reducción de las células viables a las 48 horas, consecuencia del agotamiento de nutrientes esenciales y la acumulación de subproductos metabólicos inhibitorios en el medio. La concentración del sustrato fermentado afecta significativamente la cinética de crecimiento microbiano, con el porcentaje menor (5%) promoviendo un crecimiento más rápido, pero con un pico temprano y declive acelerado, mientras las concentraciones de 10% y 15% retardan el inicio de la fase exponencial y prolongan la fase estacionaria, modulando la dinámica microbiana en los dos medios analizados.

Una vez aplicado el balanceado elaborado con niveles fermento de inclusión de mucílago de cacao, se tomaron datos sobre los parámetros productivos de los pollos con el objetivo de



validar la eficacia del sustrato fermentado dentro de las dietas de los mismos, por lo tanto, se aplicó un análisis estadístico ANOVA dentro de un DCA, realizando un análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos. La cinética de crecimiento microbiano del mucílago de cacao evidenció una fase de adaptación, seguida de un crecimiento exponencial y una etapa estacionaria, comportamiento similar al descrito por (Ho et al., 2015) en procesos fermentativos del cacao. La fase estacionaria más prolongada observada en el tratamiento T3 sugiere una mayor estabilidad del fermento. Esta condición se asocia con el mejor índice de conversión alimenticia obtenido (ICA = 1,51), lo que indica que un microbiota viable y metabólicamente activo favorece la eficiencia alimenticia al mejorar la colonización intestinal.

### Ganancia de peso

**Tabla 5.**

*Ganancia de peso en pollos Ross 308 alimentados con diferentes niveles del sustrato fermentado.*

Tratamientos	Ganancia de peso			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	GPT
T1: 0% SF	0.33a	0.57a	0.78b	0.19b
T2: 5% SF	0.22ab	0.50a	0.75b	0.16b
T3: 10% SF	0.14b	0.48a	0.72b	0.15b
T4: 15% SF	0.27ab	0.28a	1.71a	0.25 <sup>a</sup>
CV%	30.19	31.07	29.93	15.34
p-valor	0.0163	0.0618	0.0010	0.0017

**Nota.** Elaborado por autor.

El análisis de la ganancia acumulada reveló diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ). El tratamiento con 15% de fermento de mucílago (T4) fue el único que superó significativamente al testigo y a las inclusiones menores. A pesar de un inicio de menor rendimiento, el efecto compensatorio observado en la semana 3 determinó un resultado neto superior. El bajo coeficiente de variación (15.34%) confirma la consistencia de este efecto a nivel poblacional (Tabla 5).



Este resultado concuerda con Vega et al. (2024), quienes reportaron que la incorporación de residuos de cacao en dietas aviares mejora la salud intestinal sin disminuir la ganancia ponderal. Además, evidencian que niveles moderados de subproductos de cacao no comprometen el crecimiento y pueden optimizar la eficiencia productiva en pollos de engorde.

### Consumo de alimento

**Tabla 6.**

*Consumo de alimento en pollos Ross 308 alimentados con diferentes niveles del sustrato fermentado.*

Tratamientos	Consumo de alimento			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	CA
T1: 0% SF	0.48a	0.87 <sup>a</sup>	1.23b	0.86ab
T2: 5% SF	0.37ab	0.85 <sup>a</sup>	1.20b	0.80ab
T3: 10% SF	0.22b	0.86 <sup>a</sup>	1.24b	0.77b
T4: 15% SF	0.42ab	0.45b	2.30a	1.06 <sup>a</sup>
CV%	32.13	23.62	26.87	14.89
p-valor	0.0535	0.0140	0.0049	0.0387

**Nota.** Elaborado por autor.

El análisis del consumo total durante el estudio mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). T4 (15%) presentó el mayor consumo acumulado (1.06), seguido por T1 (0.86), T2 (0.80) y T3 (0.77). Esta jerarquía en el consumo total explica directamente la superioridad de T4, ya que la mayor ingesta permitió una acumulación neta de peso superior, a pesar de un inicio más lento. La baja variabilidad ( $CV\% = 14.89$ ) confirma la consistencia de este patrón entre tratamientos. Además, (Vega-González et al., 2024) destacan que la adaptación inicial a dietas con ingredientes fermentados puede reducir temporalmente el consumo sin afectar el desempeño general (Tabla 6).

### Índice de conversión alimenticia



**Tabla 7.**

*Consumo de alimento en pollos Ross 308 alimentados con diferentes niveles del sustrato fermentado.*

Tratamientos	Índice de Conversión Alimenticia			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	ICA
T1: 0% SF	1.42 <sup>a</sup>	1.58 <sup>a</sup>	1.61 <sup>a</sup>	1.54 <sup>b</sup>
T2: 5% SF	1.67 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	1.69 <sup>a</sup>
T3: 10% SF	1.63 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>	1.73 <sup>a</sup>	1.72 <sup>a</sup>
T4: 15% SF	1.53 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>	1.51 <sup>b</sup>
CV%	9.47	13.32	11.72	4.25
p-valor	0.1258	0.5478	0.0632	0.0015

*Nota.* Elaborado por autor.

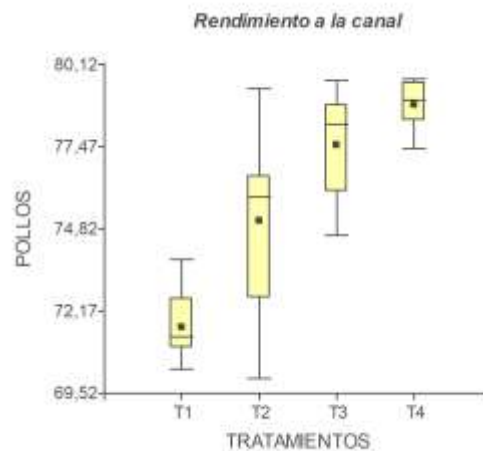
En el promedio del índice de conversión alimenticia se detectaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.05$ ). El tratamiento T4 (15%) presentó el mejor índice de conversión (1.51), superando significativamente al testigo (1.54) y a los tratamientos con niveles menores de fermento (1.69–1.72). Este resultado es clave ya que aunque T4 tuvo un consumo inicial reducido, su capacidad para convertir el alimento en peso corporal fue superior al final del estudio. Esto implica que el fermento de mucílago, especialmente al 15%, mejoró la eficiencia metabólica, probablemente mediante la producción de metabolitos fermentativos que optimizan la absorción de nutrientes y reducen las pérdidas energéticas. Respaldado por Leiva et al, (2023) expone que el uso de subproductos de cacao contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica, mejorando la eficiencia productiva mediante la optimización del metabolismo energético en aves de engorde (Tabla 7).

### **Rendimiento a la canal**

Para este parámetro productivo se evaluó el rendimiento a la canal, seleccionando al azar los primeros 10 pollos de cada tratamiento. El objetivo fue determinar el porcentaje de aprovechamiento del peso del animal. Para ello, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias entre tratamientos (Tukey), utilizando como referencia el peso final registrado en la última semana.

**Figura 3.**

*Box Plot sobre las medias de RC*



**Nota.** Elaborado por autor.

En la figura 3, se observa que a mediana de T4 (78.83%) se ubica por encima de los cuartiles superiores de T1 y T2, y la caja de T4 es estrecha, lo que refleja baja variabilidad dentro del grupo. La presencia de un outlier en T4 (marcado con un punto) corresponde a un individuo con rendimiento atípicamente alto, pero no altera la tendencia general ni la significancia estadística. En contraste, T1 muestra una mediana más baja y una dispersión mayor, lo que concuerda con su menor eficiencia productiva. El análisis de varianza (ANOVA) para la variable rendimiento a la canal de pollos reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), lo que indica que la inclusión del sustrato fermentado de mucílago de cacao ejerció un efecto estadísticamente relevante sobre este parámetro productivo.

Estudios como el de Campos et al, (2025) concluyen que la modulación de la microbiota intestinal por fermentos de cacao beneficia el desarrollo muscular y la calidad del canal en pollos de engorde, apoyando así la sostenibilidad y rentabilidad del sistema productivo, además, (Flores Delgado y Dixon Fabián & Velásquez, 2022) exponen que el uso de subproductos de cacao contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica, mejorando la eficiencia productiva mediante la optimización del metabolismo energético en aves de engorde.

#### 4. CONCLUSIÓN

La cinética de crecimiento microbiano en los medios PDA y MRS mostraron que el tratamiento T3 promovió una fase estacionaria más prolongada y una producción sostenida



de metabolitos, indicando una fermentación estable y eficiente, favoreciendo la calidad del sustrato fermentado.

La inclusión del fermento de mucílago al 15% (T4) en la dieta de pollos a partir de la tercera semana generó una respuesta compensatoria marcada por un aumento significativo en la ingesta, la ganancia de peso acumulada y la eficiencia alimenticia. A pesar de un inicio más lento, T4 superó al testigo y a las inclusiones menores en ganancia de peso total y presentó el mejor índice de conversión alimenticia, evidenciando una mejora en la utilización de nutrientes, mediada por una modulación favorable del microbiota intestinal que también se refleja en un excelente rendimiento a la canal.

Los resultados en conjunto sugieren que el fermento de mucílago de cacao no solo actúa como un ingrediente alternativo, sino como un modulador biotecnológico del sistema productivo, al mejorar la funcionalidad del alimento y la eficiencia digestiva del ave. Esto posiciona su uso como una estrategia viable para optimizar la productividad bajo un enfoque sostenible, con potencial de escalamiento en sistemas avícolas comerciales, especialmente en contextos donde se busca reducir costos de alimentación y valorizar subproductos agroindustriales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bibi, F., Ilyas, N., Saeed, M., Shabir, S., Shati, A. A., Alfaifi, M. Y., Amesho, K. T. T., Chowdhury, S., & Sayyed, R. Z. (2023). Innovative production of value-added products using agro-industrial wastes via solid-state fermentation. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(60), 125197–125213. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28765-6>
- Campos, S. de M., Martínez-Burgos, W. J., dos Reis, G. A., Ocán-Torres, D. Y., dos Santos Costa, G., Rosas Vega, F., Alvarez Badel, B., Sotelo Coronado, L., Lima Serra, J., & Soccol, C. R. (2025). The Role of Microbial Dynamics, Sensorial Compounds, and Producing Regions in Cocoa Fermentation. In *Microbiology Research* (Vol. 16, Number 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/microbiolres16040075>
- FAO. (2015). *Producción pecuaria en América Latina y El Caribe*.



- Fernández Martínez, L. T., Javelle, A., & Hoskisson, P. A. (2024). Microbial Primer: Bacterial growth kinetics. *Microbiology*, 170(2). <https://doi.org/10.1099/mic.0.001428>
- Flores Delgado y Dixon Fabián, & Velásquez, P. Y. M. (2022). Vista de Efecto de la harina de cáscara de cacao (theobroma cacao) sobre el desempeño productivo de pollo de engorde. *RIAA*, 2, 165–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.22490/21456453.4480>.
- Guillen-Guerrero, K. M., & de la Rosa-Millan, J. (2025). Effects of Fermentation Temperature on the Physicochemical Properties, Bioactive Compounds, and In Vitro Digestive Profile of Cacao (*Theobroma cacao*) Seeds. *Fermentation*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/fermentation11040167>
- Ho, V. T. T., Zhao, J., & Fleet, G. (2015). The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 205, 54–67. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.031>
- Julián Ricardo, M. C., & Ramos Sánchez, L. (2017). Fermentación en estado solido. *Tecnología Química*, 27, 17–22. <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169818107003.pdf>
- Leiva, Y., Taysaco Elías Salvador, Yoplac, I., & Zamora Huamán, S. J. (2023). *Efectos de la alimentacion con subproductos del grano de cacao (Theobroma cacao L) en los parámetros productivos y calidad de carne de pollos criollos mejorados*. <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd34/10/3493yoan.html>
- Mendoza Maisanche, B. M. (2015). *Estudio de factibilidad para el emprendimiento y producción de una granja avícola en ambiente natural, cantón El Empalme para el año 2013* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/888>
- Soccol, C. R., Costa, E. S., Letti, L. A., Karp, S. G., Woiciechowski, A. L., & Vandenberghe, L. (2017). Recent developments and innovations in solid state fermentation. *Biotechnology Research and Innovation*, 1(1), 52–71. <https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.01.002>
- Sun, H., Chen, D., Cai, H., Chang, W., Wang, Z., Liu, G., Deng, X., & Chen, Z. (2022). Effects of Fermenting the Plant Fraction of a Complete Feed on the Growth Performance, Nutrient Utilization, Antioxidant Functions, Meat Quality, and



Intestinal Microbiota of Broilers. *Animals*, 12(20), 2870.  
<https://doi.org/10.3390/ani12202870>

Vásquez Cortez, L. H., Pulgar Oleas, N. L., Ponce Quezada, G. E., & Palma Villarroel, J. J. (2023). Valorización del mucílago de cacao, estrategias para mitigar el desperdicio y fomentar la sostenibilidad. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 4(8), 47–56. <https://doi.org/10.56519/qsm0mq41>

Vega-González, R. J., Castro-Salinas, D., Pajuelo-Risco, F. M., Honorio-Javes, C. E., & Hernandez-Valdez, J. E. (2024). Subproductos de cacao (*Theobroma cacao*) en la alimentación animal: ¿Una alternativa viable y sostenible? *Manglar*, 21(1), 127–134. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.013>

Zambrano Vargas, J. R. (2019). *Elaboración de harina de cáscara de plátano (Musa Paradisiaca) para utilizarlo en el engorde de pollos broiler en combinación con 2 fuentes de proteína (torta de soya-harina de pescado)* [ULEAM]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/2299>

**Conflicto de Intereses:** Los autores afirman que no existen conflictos de intereses en este estudio y que se han seguido éticamente los procesos establecidos por esta revista. Además, aseguran que este trabajo no ha sido publicado parcial ni totalmente en ninguna otra revista.

### **FINANCIAMIENTO**

Los autores no recibieron financiamiento para el desarrollo de esta investigación.

### **CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA:**

Nombres de autores e iniciales: Luis Eduardo Mendoza Arreaga (LEMA), Roberto Johan Barragán Monrroy (RJBM), Peter Alexis Arguello Chavarría (PAAC), Jenifer Elizabeth Guevara Pérez (JEGP), Boris Alexis Perez Chinga (BAPC).

1. Conceptualización: (LEMA)
2. Curación de datos: (RJBM)
3. Análisis formal: (PAAC)
4. Adquisición de fondos: (JEGP)
5. Investigación: (JEGP)
6. Metodología: (BAPC)
7. Administración del proyecto: (PAAC)
8. Recursos: (LEMA)
9. Software: (RJBM)
10. Supervisión: (BAPC)



11. Validación: (JEGP)
12. Visualización: (BAPC)
13. Redacción – Borrador original: (PAAC)
14. Redacción – Revisión y edición: (LEMA)

