ISSN Versión Impresa 1816-0719 ISSN Versión en línea 1994-9073 ISSN Versión CD ROM 1994-

The Biologist (Lima), 2026, vol. 24 (1), 81-88

The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

FERMENTATIVE CAPACITY OF INOCULA FOR THE VALORISATION OF POULTRY WASTE THROUGH BIOFERMENTATION

CAPACIDAD FERMENTATIVA DE INÓCULOS PARA LA VALORACIÓN DE INTESTINOS DE POLLO MEDIANTE BIOFERMENTACIÓN

Catalina Díaz-Cachay[1*], Abel Walter Zambrano-Cabanillas[2] & Walter Blas-Ramos[3]

[1] Escuela Universitaria de Posgrado EUPG-Universidad Nacional Federico Villarreal UNFV. Lima. Perú. cdiaz@unfv.edu.pe
[2] Laboratorio de Biotoxicología. Comunidad del conocimiento DISA. Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
[3] Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Catalina Díaz-Cachay: https://orcid.org/ 0000-0003-1981-5616
Abel Walter Zambrano-Cabanillas: https://orcid.org/0000-0001-6930-5601
Walter Blas-Ramos: https://orcid.org/0000-0001-7817-122X

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the fermentative capacity of inocula obtained from broken rice (A), wheat bran (AF), molasses, and yoghurt under two preparation methods: with and without prior fermentation (SF, CF), for the production of chicken intestinal bioferment. The experimental design was randomised, with one control (C), two experimental groups, two preparation methods, and three replicates. For the SF inocula, the ingredients were soaked in water for one hour, while for the CF inocula, they were soaked for five days. These were then mixed with molasses and yoghurt and maintained under anaerobic conditions for 10 days in glass flasks equipped with an airlock system. Samples were taken every two days to evaluate the pH and titratable acidity. For the bioferments, cooked and ground chicken intestines, molasses, and the SF rice bran inoculum were used. The mixture was then maintained under anaerobic fermentation conditions for eight days. pH and acidity were evaluated throughout the process. Regarding the inocula, it was determined that both A and AF have fermentative capacity. Comparisons of the average values for day 8 revealed differences in pH between C (3.60 ± 0.05) and AF (3.42 ± 0.04) in the SF ($p < 0.05$) inoculants; in contrast, acidity was different for both inoculants, with C registering the lowest value (2.03 ± 0.05). In the CF (fermentation culture) test, the treatments were similar for both pH and acidity. In the case of the bioferment, a pH of 3.92 ± 0.13 and an acidity of 1.55 ± 0.05% were obtained on day 6. It is concluded that, although both inoculants have fermentative capacity under both SF and CF preparation methods, the unfermented bran (AF) is the most suitable for obtaining chicken intestinal bioferments with appropriate pH and acidity characteristics.

Keywords: offal — microorganisms — biofermentation — waste utilization

Este artículo es publicado por la revista The Biologist (Lima) de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https:// creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

DOI: https://doi.org/10.62430/rtb20262412146

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la capacidad fermentativa de inóculos obtenidos con arroz partido (A), afrecho (AF), melaza y yogur, bajo dos formas de preparación sin fermentación (SF) y con fermentación previa (CF), para la producción de biofermentos de intestinos de pollo. El diseño experimental fue aleatorio, con un control (C), dos grupos experimentales, dos tipos de preparación y tres réplicas. Para los inóculos SF, los insumos se mantuvieron en agua durante una hora, mientras que los CF se mantuvieron durante cinco días; luego se mezclaron con melaza y yogur y se mantuvieron bajo condiciones anaeróbicas durante 10 días en frascos de vidrio con sistema *airlock*. Cada 2 días se extrajeron muestras para evaluar el potencial de hidrógeno (pH) y la acidez titulable. Para los biofermentos se utilizaron intestinos de pollo (cocidos y molidos), melaza y el inóculo obtenido de afrecho SF y se mantuvo en fermentación anaeróbica durante ocho días, evaluando durante el proceso el pH y la acidez. Con relación a los inóculos, se llegó a determinar que tanto A como AF tienen capacidad fermentativa. Las comparaciones de los valores promedio para el día 8 determinaron diferencias en los SF ($p < 0,05$) para el pH entre C (3,60±0,05) y AF (3,42±0,04); en contraste con la acidez, donde ambos fueron diferentes al C, que registró el menor valor (2,03±0,05). En la prueba CF los tratamientos fueron similares tanto para el pH como para la acidez. En el caso del biofermento, se obtuvo al sexto día pH 3,92±0,13 y acidez 1,55±0,05%. Se concluye que, si bien ambos inóculos tienen capacidad fermentativa bajo las dos formas de preparación SF y CF, el afrecho (AF) sin fermentación es el más adecuado para obtener biofermentos de intestinos de pollo con características adecuadas de pH y acidez.

Palabras clave: vísceras — microorganismos — biofermentación — aprovechamiento de residuos

INTRODUCCIÓN

Es un hecho que la población mundial seguirá creciendo, según las proyecciones del Fondo de Población de las Naciones Unidas [UNFPA] (2023), y se espera que para el año 2050 la cifra alcance a los 9 700 millones de habitantes. Uno de los grandes retos será producir una cantidad de alimentos que permita cubrir la demanda calórica que está estimada en 14 060 billones de calorías (Sands *et al.*, 2023). Al respecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2009) indicó que existe la necesidad de incrementar en un 70% la producción mundial de alimentos para el año 2050, que en el caso de las carnes sería de aproximadamente 470 millones.

Una de las industrias que tendrá un rol de participación importante para el aseguramiento de la disponibilidad de carne será sin lugar a dudas la avícola, que viene creciendo de manera constante, superando a otras fuentes de proteínas de origen animal (Edwards *et al.*, 2019). El incremento de la producción en la crianza de aves tiene relación directa con el incremento de impactos ambientales negativos, asociados a la gestión inadecuada de los residuos que se generan en la cadena productiva (Dos Santos *et al.*, 2023) que producen gases de efecto invernadero, demanda acumulada de energía, eutrofización, entre otros (Skunca *et al.*, 2018).

En Perú, según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] (2024), la producción de aves tuvo una participación del 25,1% del Valor Bruto de Producción Agropecuaria, donde el pollo representó el 93,68%. Es importante mencionar que durante el procesamiento se generan desechos que representan alrededor del 30%, de los cuales el 3,34% es sangre y 7,27% vísceras de desecho (Florida & Reategui, 2019).

Como parte de la aplicación de la economía circular y la revalorización de los residuos generados por el procesamiento del pollo, se aplican técnicas de aprovechamiento de nutrientes como el secado para la obtención de harina (Botello *et al.*, 2023) y el ensilado (Díaz-Cachay *et al.*, 2023) para emplearse en dietas de animales (Aziza & El-Wahab, 2019; Hodar *et al.*, 2020; Luthada-Raswiwi *et al.*, 2021). Los biofermentos también se consideran como una opción para el tratamiento primario de residuos, ya que se obtienen de la fermentación de la materia orgánica en presencia de microorganismos de tipo ácido láctico (Hardwick, 2021) o de una mezcla de bacterias, hongos y levaduras conocidos como microorganismos efectivos capaces de descomponer la materia orgánica y liberar nutrientes (Shahzad *et al.*, 2025). Para iniciar el proceso fermentativo es necesario contar con inóculos que contengan los microorganismos que permitan la fermentación controlada; estos pueden obtenerse de diversas fuentes como la microbiota presente en el ambiente

(suelos), alimentos en su estado natural (vegetales, frutas) o fermentados (yogur, kombucha, kimchi, chicha de jora) y también de laboratorios (cepas puras). El propósito de la investigación fue evaluar la capacidad fermentativa de inóculos obtenidos con dos subproductos: arroz partido (A) y afrecho de trigo (SP), bajo dos formas de preparación (sin fermentación SF y con fermentación CF) y bacterias ácido-lácticas, para la elaboración del biofermento con intestinos de pollo, determinando su estabilidad mediante el pH y acidez (Holguín *et al*., 2009; Críspulo *et al*., 2017), contribuyendo con el desarrollo de una nueva propuesta de aplicación, ya que usualmente son empleados en la agricultura (Jaulis *et al*., 2024) utilizando otros tipos de sustrato como estiércol de animales, suero de leche, vísceras (Restrepo, 2001; Cardozo *et al*., 2021). Asimismo, con el biofermento se pretende realizar futuras investigaciones para determinar su uso potencial en la acuicultura, ya sea en medios de cultivo para microalgas o en dietas para organismos acuáticos, contribuyendo con el modelo de acuicultura sostenible que promueve la FAO, para asegurar el abastecimiento futuro de alimentos provenientes de esta actividad (FAO, 2025).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los laboratorios de Acuarística, Química y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura de la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. Se desarrolló en dos etapas: en la primera se elaboraron los inóculos y se evaluó la capacidad fermentativa y en la segunda se preparó el biofermento con intestinos de pollo. El diseño experimental fue aleatorio, con un control (C), dos insumos (arroz partido y afrecho), dos formas de preparación y tres réplicas.

Para la elaboración de los inóculos se tomó como referencia la fórmula propuesta por Hardwick (2021) compuesta por leche, arroz entero y melaza, a la que se realizaron modificaciones en la composición y el procedimiento. Se utilizaron yogur natural comercial (con cultivos lácticos y probióticos, según lo declarado en la etiqueta), melaza y dos subproductos que fueron seleccionados por su disponibilidad y accesibilidad: afrecho (AF) y arroz partido (A). Con la finalidad de determinar la influencia de AF y A en el proceso fermentativo, se realizaron dos pruebas: la primera, denominada sin fermentación previa (SF), se mantuvo en agua durante una hora, y la segunda, con fermentación previa (CF), durante cinco días. Transcurrido el tiempo, se separó el líquido para incluirlo en la preparación del inóculo. Las pruebas se realizaron en frascos de plástico con tapa con 15 g de AF y A (pesados en la balanza analítica Faithful) y 100 mL de agua destilada.

La preparación de los inóculos se realizó en frascos de vidrio de 900 mL con tapa y sistema *airlock* (para el control de gases). La mezcla estuvo compuesta por 10% de yogur, 10% de melaza, 2% de líquido drenado y 78% de agua destilada. Los cálculos se realizaron con base a 750 g de peso total, el control se preparó con los mismos porcentajes de yogurt y melaza completando el peso final con agua destilada. Los frascos se distribuyeron de manera aleatoria y se mantuvieron en un ambiente con luz y temperatura controladas; cada 2 días se extrajeron muestras con una pipeta automática (100-1000 µL). Se realizó el seguimiento de la fermentación realizando la evaluación del pH y la acidez (expresada como porcentaje de ácido láctico) (Berenz *et al*., 1997). Para la medición de pH se utilizaron 2 mL de muestra y se colocó en un tubo cónico de plástico de 15 mL para realizar la medición directa con el potenciómetro digital (Milwaukee). La determinación de acidez se realizó con 1 mL (1000 µL) de muestra, se agregaron 50 mL de agua destilada, gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con una solución estandarizada de NaOH 0,1 N. Las mediciones se realizaron por quintuplicado para luego someterlas a comparaciones estadísticas y determinar la más adecuada para la preparación del biofermento. Asimismo, se anotaron las características del olor y aspecto general, como la formación de espuma u hongos en la superficie.

Para la preparación del biofermento se utilizaron intestinos de pollo recolectados de un centro avícola ubicado en el mercado "Virgen del Carmen" del distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, Perú. Los residuos fueron sometidos a cocción y trituración en una moledora de carne (marca Corona) siguiendo el procedimiento de Díaz-Cachay *et al.* (2023). En el caso del inóculo se utilizó el más estable AF-SF (pH 3,42 y acidez 3,50%).

La mezcla para preparar el biofermento de intestinos estuvo compuesta por 33,33% de inóculo, 33,33% de residuos, 15% de melaza y 18,4% de agua. El procedimiento se realizó acorde con lo sugerido por Bringas-Alvarado *et al.* (2018) para ensilado de residuos de pescado. Se extrajeron muestras durante ocho días para medir el pH y la acidez, siguiendo el procedimiento descrito para los inóculos.

El análisis de los datos se realizó con el software IBM SPSS Statistics versión 25, los valores de pH y acidez de los inóculos se sometieron a estadística descriptiva, se

sometieron a la prueba de normalidad con Shapiro-Wilk, homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene y análisis de varianza con ANOVA para determinar la existencia de diferencias significativas y prueba post hoc de comparaciones múltiples con HSD Tukey con un nivel de confianza de 95%.

Aspectos éticos: La investigación fue desarrollada cumpliendo con las recomendaciones del Código de Ética de la Universidad Nacional Federico Villarreal. No fue necesaria la aprobación del Comité institucional, ya que en el estudio no se han involucrado a humanos ni animales. Asimismo, se consideraron acciones para mitigar los riesgos de contaminación durante el traslado, lavado, cocción y drenado de los residuos. Los inóculos y biofermentos remanentes se mantienen en refrigeración a 4 °C en el laboratorio de acuarística para ser empleados en futuras investigaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las curvas de tendencia de pH y acidez de los inóculos SF y el control; se observa que en los tres se mantiene una relación inversa propia de procesos fermentativos de tipo anaeróbico. A partir del segundo día, el pH va descendiendo y la acidez va incrementando hasta obtener valores casi constantes al octavo día. Siendo AF el que obtuvo los mejores valores de pH (3,42) y acidez titulable (3,50%).

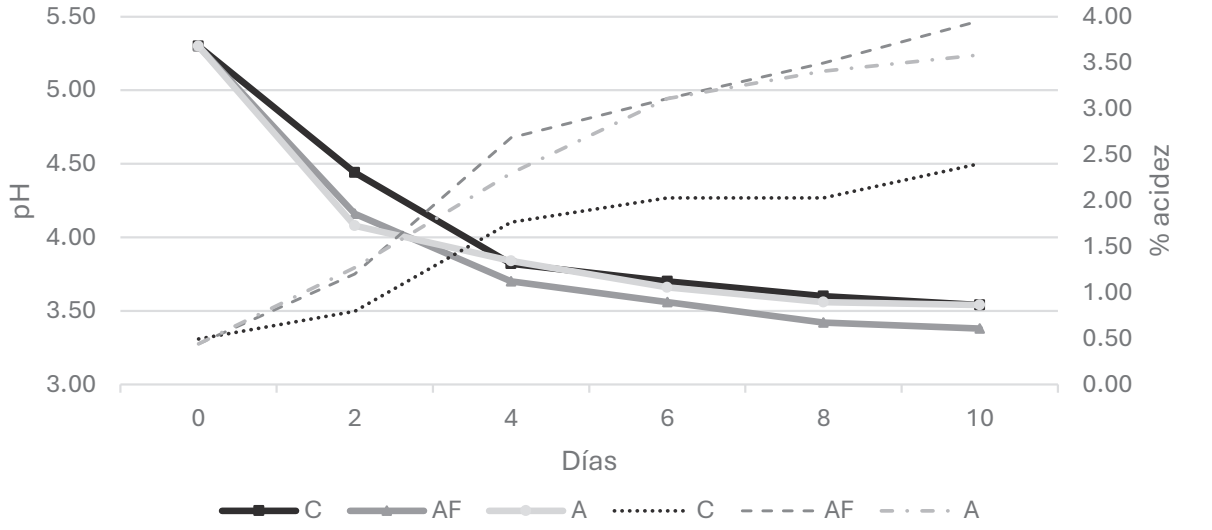


Figura 1. Curvas de pH y acidez titulable de inóculo con arroz partido (A) y afrecho (AF) sin fermentación previa (SP)

En la Figura 2 se presentan las curvas de tendencia de pH y acidez para los inóculos de A y AF con fermentación previa CF; al igual que en el anterior se observa la misma tendencia y relación inversa, un aspecto importante a resaltar es que los valores iniciales de los inóculos son diferentes esto se explicaría a la carga microbiana (bacterias y levaduras) que es particular para cada tipo de insumo, que para su desarrollo se alimentan de los azúcares disponibles produciendo mayor cantidad de ácidos y liberando iones hidrógeno.

Comparando las Figuras 1 y 2, se observa que el pH inicial de los inóculos en SF es mayor que en CF, siendo AF el que registró el menor valor promedio (4,14); en relación con la acidez en los SF fue cercano a 0,5%, mientras que en CF es superior al control, siendo AF el de mayor valor (1,29%).

En ambas pruebas, a partir del segundo día, los valores de pH y acidez titulable son cercanos a los de otros tipos de fermentos como el yogur, empleado en esta experiencia como cultivo iniciador de bacterias ácido-lácticas. Al respecto, Behare *et al.* (2016) indican que en el *Codex Alimentarius* se establece que el pH debe ser menor de 4,5 y la acidez mayor a 0,95%. Según la norma técnica peruana NTP 202.092, la acidez para yogur entero debe estar en el rango de 0,6-1,5% (INDECOPI, 2014).

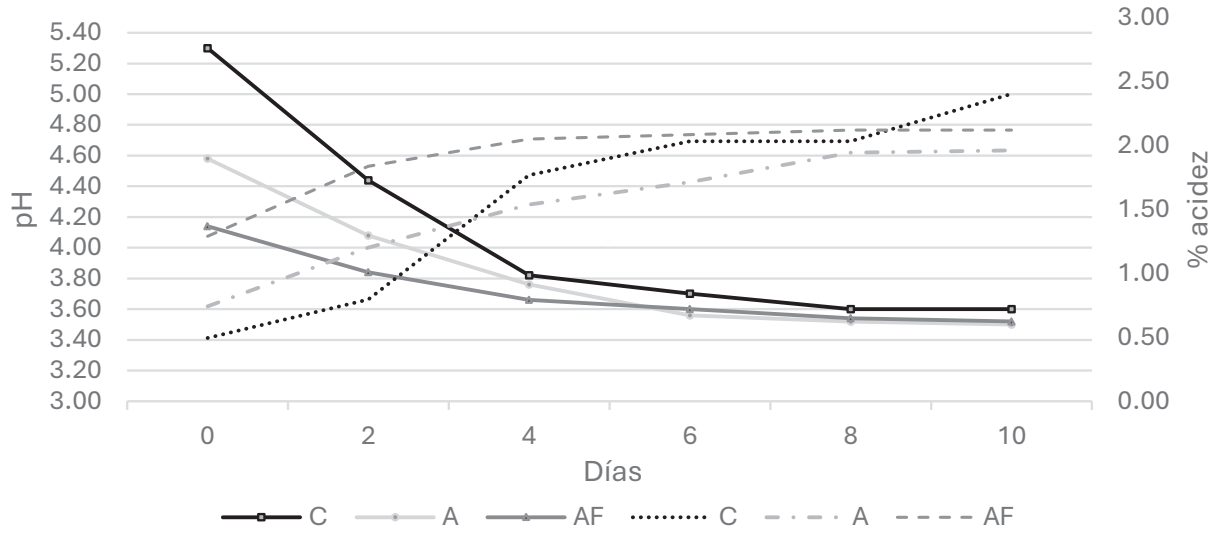


Figura 2. Curvas de pH y acidez titulable de inóculo con arroz partido (A) y afrecho (AF) con fermentación previa (CP).

En la Tabla 1 se detallan los valores promedio obtenidos al octavo día entre los inóculos SF y CF. Con relación al pH, en SF se encontraron diferencias entre C y AF ($p < 0,05$); mientras que con la acidez, tanto A como AF fueron similares, diferentes al control que registró el menor valor. En la prueba CF no se encontraron diferencias para el pH ni la acidez ($p > 0,05$) entre los tratamientos.

Tabla 1. Comparación de valores promedio de pH y acidez de las pruebas SF y CF al octavo día.

		C	A	AF
SF	pH	3,60±0,05[a]	3,56±0,05[a]	3,42±0,04[b]
	Acidez	2,03±0,05[a]	3,41±0,15[b]	3,50±0,18[b]
CF	pH	3,60±0,05[a]	3,52±0,11[a]	3,54±0,09[a]
	Acidez	2,03±0,06[a]	1,94±0,17[a]	2,12±0,11[a]

SF: sin fermentación previa; CF: con fermentación previa; C: control; A: arroz partido; AF: afrecho. Superíndices con letras diferentes indican diferencias significativas (α=0,05).

Con base en los resultados anteriores se puede afirmar que el arroz partido y el afrecho influyen en el proceso fermentativo, al respecto (Castillo *et al.*, 2019) indican que los carbohidratos que se encuentran presentes en los insumos contribuyen al proceso aportando azúcares y tienen un rol similar a la melaza aportando con azúcares disponibles que favorecen a la fermentación; asimismo Nadar *et al.* (2024) mencionan que existen microorganismos nativos (BAL, hongos y levaduras) en diferentes tipos de alimentos y que bajo determinadas condiciones como la cantidad de oxígeno podrían tener mayor o menor prevalencia.

Se podría mencionar que, si bien en ambas pruebas se obtuvieron inóculos que podrían utilizarse a partir del sexto día, se debe considerar que los CF necesitan no solo más tiempo para su preparación, sino también un sistema que asegure la anaerobiosis para favorecer el crecimiento de las BAL y los microorganismos nativos deseables.

En la Figura 3 se presentan las curvas de pH y acidez titulable del biofermento de intestinos de pollo, donde se observa la relación inversa. O'Neil & Ramos-Abensur (2022) explican que en el proceso homofermentativo, las BAL canalizan la glucosa y la degradan mediante glucólisis, obteniéndose como producto final ácido láctico, por lo que incrementa la acidez; a su vez, debido a la alta tasa de conversión de la ruta homofermentativa, el flujo de protones (H+) hacia el exterior de la célula es masivo, por lo que disminuye el pH (Siegumfeldt *et al.*, 2000). Consumido el azúcar disponible, las BAL ya no tienen sustrato para seguir produciendo más ácido láctico, por lo tanto, la acidez ya no aumenta significativamente y el pH se estabiliza.

El proceso fermentativo inició con pH 5,30 y acidez 0,76%; a partir del quinto día, el primero había descendido por debajo de 4 y el segundo había incrementado con valores cercanos a 1,5%. Estos son cercanos a lo reportado por otros autores para ensilados y fermentos similares, ya que en el proceso se emplean bacterias ácido-lácticas y melaza. Toledo & Llanes (2006) obtuvieron el pH 4,23 ± 0,09 al séptimo día para el ensilado de residuos de tilapias. Bringas-Alvarado *et al.* (2018), empleando de manera directa yogur natural (10%) y melaza (15%) en subproductos de tilapia, consiguieron 1,32% de acidez. González & Marín (2010) mencionan que el pH es el parámetro más importante que determina la calidad del fermento; al respecto, Fernández (2021) indica que el producto se puede considerar estable y seguro cuando el pH se mantiene lo más cercano a 4. Spanopoulos-Hernández *et al.* (2010), haciendo referencia a las características de los ensilados de residuos de pescado, indican que las bacterias ácido-lácticas (BAL), por un lado, degradan las aminas biogénicas, evitando el crecimiento de organismos patógenos (hongos y bacterias) responsables de la putrefacción y, por otro lado, contribuyen a la estabilidad de los aminoácidos presentes en el fermento.

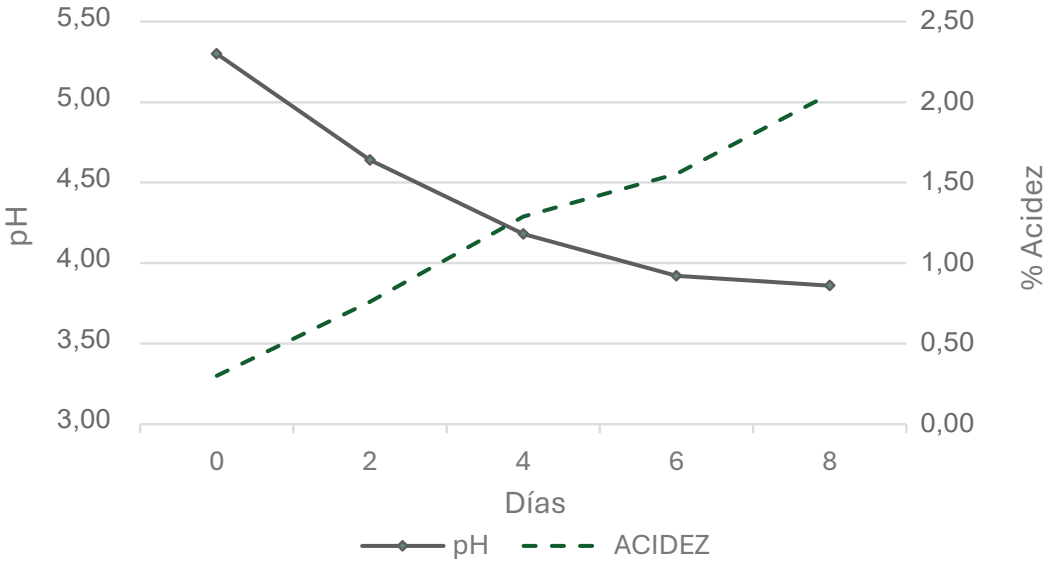


Figura 3. Curvas de pH y acidez titulable del biofermento de intestinos.

En cuanto a trabajos que evidencian el empleo de insumos similares a los de la presente investigación para la obtención de inóculos, se ha encontrado que se suelen utilizar en mezclas junto con otros insumos en la elaboración de abonos líquidos con fines agrícolas (García & Félix, 2014; Cardozo *et al.,* 2021; O'Neil & Ramos-Abensur, 2022). Por otro lado, Castillo *et al.* (2019) en una de las pruebas emplearon polvillo de arroz (como sustrato) y yogurt preparado a base de leche y *Limosilactobacillus fermentum* (Beijerinck, 1901) Zheng *et al.* (2020), aislado del intestino de cerdo, para elaborar ensilado de residuos de pescado y langostino. A diferencia de los resultados obtenidos en la presente investigación, no pudieron conseguir un producto con pH y acidez adecuados.

Los biofermentos de intestinos de pollo se presentan como una alternativa para la valorización de los residuos, empleando inóculos que no requieren de procedimientos complejos ni tampoco requieren de equipos sofisticados, similar a lo descrito por Fernández (2021) para los ensilados de residuos pesqueros.

Es necesario reconocer la existencia de limitaciones en el estudio, la primera relacionada con la composición exacta de las BAL y la cantidad de UFC/mL del yogur comercial empleado en la elaboración de inóculos, ya que sólo se consideró la información declarada en la etiqueta. La elección del yogur como iniciador se debe a que es un producto de fácil acceso y disponible que para su comercialización debe cumplir con estándares de calidad e inocuidad. La segunda es la calidad de los intestinos de pollo condicionada por el tiempo y la temperatura de almacenamiento en el lugar de acopio, el contenido intestinal y material acompañante (plumas, heces, sangre), de allí que se haya realizado la selección, enjuague y cocción de los intestinos con la finalidad de reducir la carga microbiana. Finalmente, cabe aclarar que la estabilidad del biofermento se limitó a los parámetros de pH y acidez titulable; no fue considerada en este estudio la caracterización ni la evaluación del comportamiento de las BAL durante el proceso fermentativo.

Se concluye que los inóculos A y AF tienen capacidad fermentativa bajo las dos formas de preparación SF y CF; el afrecho (AF) sin fermentación es el más conveniente para obtener biofermento de intestinos de pollo con características adecuadas de pH y acidez.

Author contributions: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

CDC = Catalina Díaz-Cachay

AWZC = Abel Walter Zambrano-Cabanillas

WBR = Walter Blas-Ramos

Conceptualization: CDC, AWZC

Data curation: WBR

Formal Analysis: AWZC, WBR

Funding acquisition: CDC

Investigation: CDC

Methodology: CDC, AWZC

Project administration: CDC

Resources: CDC

Software: WBR

Supervision: CDC

Validation: WBR

Visualization: CDC

Writing – original draft: CDC, AWZC

Writing – review & editing: CDC

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aziza, A., & El-Wahab, A. (2019). Impact of Partial Replacing of Dietary Fish Meal by Different Protein Sources on the Growth Performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Whole-Body Composition. *Journal of Applied Sciences, 19*, 384-391.

Behare, P., Kumar, H., & Mandal, S. (2016). Yogurt: Yogurt based products. In *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier: pp. 625–631.

Berenz, Z., La Cherre, E., & Plácido, M. (1997). *Informe I curso nacional de procesamiento de ensilado de pescado*. Lima, Instituto Tecnológico Pesquero ITP.

Bringas-Alvarado, L., Zamorano-Ochoa, A., Rojo-Rodríguez, J., González-Félix, M., Pérez-Velázquez, M., Cárdenas-López, J. & Navarro-García, G. (2018). Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización como ingrediente en dietas para bagre de canal. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 20*, 85-94.

Botello, A., Pérez, K., Méndez-Martínez, Y., Ortega, M., Martínez, Y., Rodríguez, Y., Cisneros, M. & Morán, C. (2023). Composición química de intestinos de pollos pre-secados con harinas vegetales: proteína alternativa para la acuicultura. *Revista MVZ Córdoba, 28*, e3058.

Cardozo, A., El Mujtar, V., Álvarez, V. & Sisón, L. (2021). *Manual para la elaboración de biofertilizante a partir de desechos agropecuarios*. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria.

Castillo, W., Sánchez, H. & Ochoa, G. (2019). Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con *Lactobacillus fermentus* aislado de cerdo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30*, 1456-1469.

Críspulo, R., Hoyos, J., Garcés, Y., Muñoz, L. & Gómez, J. (2017). Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. *Ciencia en Desarrollo, 8*, 39-50.

Díaz-Cachay, C., Gamero-Collado, B., Álvarez-Verde, C., Llontop-Vélez, C. & Zambrano-Cabanillas, A. (2023). Efecto de ensilados de sangre e intestinos de pollo, como sustitutos parciales de la harina de pescado, en el crecimiento de alevinos de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 34*, e24624.

Dos Santos, R. A., Silva, J., Leonardo, H., De Almeida, J., & Brito, L. (2023). Reducing the environmental impacts of Brazilian chicken meat production using different waste recovery strategies. *Journal of Environmental Management*, *341*, 118021.

Edwards, P., Zhang, W., Belton, B. & Little, D. C. (2019). Misunderstandings, myths, and mantras in aquaculture: Its contribution to world food supplies has been systematically over reported. *Marine Policy, 106*:103547.

FAO (2009). *Cómo alimentar al mundo en 2050*. FAO.

FAO (2025). *Directrices para la acuicultura sostenible*. FAO.

Fernández, A. (2021). Chemical and biological ensilates. An alternative for the integral and sustainable use

of fishing waste in Argentina. *Marine and Fishery Sciences, 34*, 235-262.

Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) (2023). *Estado de la población mundial 2023*. https://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2023-8-billion-lives-infinite-possibilities

Florida, R., & Reategui, D. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*). *Livestock Research for Rural Development, 31*, https://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html

García, C., & Félix, J. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales.* Fundación Produce Sinaloa.

González, D., & Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica, 15*, 560-567.

Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R., & Joshi, N. H. (2020). Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology. India, 23*, 13-21.

Holguín, M., Caicedo, L. & Veloza, L. (2009). Estabilidad de almacenamiento de ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias ácido-lácticas. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 56*, 95-104.

Hardwick, D. (2021). *Bioferments. Making them on your farm.* Re-genfarming.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI) (2014). *Norma Técnica Peruana 202.092 2014. Leche y productos lácteos. Leches fermentadas. Yogurt. Requisitos.* 5ª edición.

Jaulis, J. C., Juscamaita, J., Martínez, A., Buendía, M. A., Adama, E. R., & Fuentes, E. L. (2024). Abono líquido orgánico acelerado elaborado a partir de efluentes de la industria de la palma aceitera. *Manglar, 21*, 253-258.

Luthada-Raswiswi, R., Mukaratirwa, S., & O'Brien, G. (2021). Animal protein sources as a substitute for fishmeal in aquaculture diets: a systematic review and meta-Analysis. *Applied Sciences, 11*, 3854.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) (2024). *Boletín estadístico mensual de la producción y comercialización de productos avícolas. Mes diciembre 2024*. MIDAGRI.

Nadar, C. G., Fletcher, A., Moreira, B. R., Hine, D., & Yadav. S. (2024). Waste to protein: A systematic review of a century of advancement in microbial fermentation of agro-industrial byproducts. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 23*, e13375.

O'Neil, B., & Ramos-Abensur, V. (2022). Revisión del estado del conocimiento y uso de los fermentos líquidos y del biol en los Andes. Rikolto y Universidad de Michigan.

Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Sands, R., Meade, B., Seale, Jr., Robinson, S., & Seeger, R. (2023). *Scenarios of Global Food Consumption: Implications for Agriculture* (Economic Research Report 323). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

Shahzad, M., Hayat, R., Mujtaba, G., Rehman, W.U., & Nadeem, M. (2025). Biofertilizers in sustainable agriculture: mechanisms, applications, and future prospects. *Discover Agriculture, 3*, 224.

Siegumfeldt, H., Björn-Rechinger, K., & Jakobsen, M. (2000). Dynamic changes of intracellular pH in individual lactic acid bacterium cells in response to a rapid drop in extracellular pH. *Applied and environmental microbiology*, *66*, 2330–2335.

Spanopoulos-Hernández, M., Ponce-Palafox, J.T., Barba-Quintero, G., Ruelas-Inzunza, J.R., Tiznado-Contreras, M.R., Hernández-Gonzáles, C., & Shirai, K. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis sp*), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 9*, 167-178.

Skunca, D., Tomasevic, I., Nastasijevic, I., Tomovic, V. & Djekic, I. (2018). Life cycle assessment of the chicken meat chain. *Journal of Cleaner Production, 184*, 440-450.

Toledo, J. & Llanes, J. (2006). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista AquaTIC, 25*, 28-33.

Received May 5, 2026.

Accepted May 25, 2026