

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

2 DOI: <https://doi.org/10.62430/rtb20262412146>

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



9
10 ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

11 Fermentative capacity of inocula for the valorisation of poultry waste through
12 biofermentation

13
14 Capacidad fermentativa de inóculos para la valoración de intestinos de pollo mediante
15 biofermentación

16
17 Catalina Díaz-Cachay^{1*}; Abel Walter Zambrano-Cabanillas² & Walter Blas-Ramos³




18 ¹ Área de Ingeniería, Arquitectura y Ciencias Básicas. Universidad Nacional Federico
19 Villarreal. Lima. Perú. cdiaz@unfv.edu.pe

20 ² Laboratorio de Biotoxicología. Comunidad del conocimiento DISA. Facultad de
21 Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura. Universidad Nacional
22 Federico Villarreal, Lima, Perú.

23 ³ Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura.

24 Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

25

- 26 Titulillo: Inocula capacity in poultry waste fermentation
- 27 Díaz-Cachay *et al.*
- 28 Catalina Díaz-Cachay:  <https://orcid.org/0000-0003-1981-5616>
- 29 Abel Walter Zambrano-Cabanillas:  <https://orcid.org/0000-0001-6930-5601>
- 30 Walter Blas-Ramos:  <https://orcid.org/0000-0001-7817-122X>

ASAP

31 **ABSTRACT**

32 The objective of this study was to evaluate the fermentative capacity of inocula obtained
33 from broken rice (A), wheat bran (AF), molasses, and yoghurt under two preparation
34 methods: with and without prior fermentation (SF, CF), for the production of chicken
35 intestinal bioferment. The experimental design was randomised, with one control (C), two
36 experimental groups, two preparation methods, and three replicates. For the SF inocula,
37 the ingredients were soaked in water for one hour, while for the CF inocula, they were
38 soaked for five days. These were then mixed with molasses and yoghurt and maintained
39 under anaerobic conditions for 10 days in glass flasks equipped with an airlock system.
40 Samples were taken every two days to evaluate the pH and titratable acidity. For the
41 bioferments, cooked and ground chicken intestines, molasses, and the SF rice bran
42 inoculum were used. The mixture was then maintained under anaerobic fermentation
43 conditions for eight days. pH and acidity were evaluated throughout the process.
44 Regarding the inocula, it was determined that both A and AF have fermentative capacity.
45 Comparisons of the average values for day 8 revealed differences in pH between C (3.60
46 ± 0.05) and AF (3.42 ± 0.04) in the SF ($p < 0.05$) inoculants; in contrast, acidity was
47 different for both inoculants, with C registering the lowest value (2.03 ± 0.05). In the CF
48 (fermentation culture) test, the treatments were similar for both pH and acidity. In the
49 case of the bioferment, a pH of 3.92 ± 0.13 and an acidity of $1.55 \pm 0.05\%$ were obtained
50 on day 6. It is concluded that, although both inoculants have fermentative capacity under
51 both SF and CF preparation methods, the unfermented bran (AF) is the most suitable for
52 obtaining chicken intestinal bioferments with appropriate pH and acidity characteristics.

53 **Keywords:** offal - microorganisms - biofermentation - waste utilization

54

55 RESUMEN

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

77 **Palabras clave:** vísceras - microorganismos - biofermentación - aprovechamiento de
78 residuos

79

80 INTRODUCCIÓN

81 Es un hecho que la población mundial seguirá creciendo, según las proyecciones del
82 Fondo de Población de las Naciones Unidas [UNFPA] (2023), y se espera que para el año
83 2050 la cifra alcance a los 9 700 millones de habitantes. Uno de los grandes retos será
84 producir una cantidad de alimentos que permita cubrir la demanda calórica que está
85 estimada en 14 060 billones de calorías (Sands *et al.*, 2023). Al respecto, la Organización
86 de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2009) indicó que
87 existe la necesidad de incrementar en un 70% la producción mundial de alimentos para el
88 año 2050, que en el caso de las carnes sería de aproximadamente 470 millones.

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

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

102 Como parte de la aplicación de la economía circular y la revalorización de los residuos
103 generados por el procesamiento del pollo, se aplican técnicas de aprovechamiento de
104 nutrientes como el secado para la obtención de harina (Botello, 2023) y el ensilado (Díaz-

105 Cachay *et al.*, 2023) para emplearse en dietas de animales (Aziza & El-Wahab, 2019;
106 Hodar *et al.*, 2020; Luthada-Raswiwi *et al.*, 2021). Los biofermentos también se
107 consideran como una opción para el tratamiento primario de residuos, ya que se obtienen
108 de la fermentación de la materia orgánica en presencia de microorganismos de tipo ácido
109 láctico (Hardwick, 2021) o de una mezcla de bacterias, hongos y levaduras conocidos
110 como microorganismos efectivos capaces de descomponer la materia orgánica y liberar
111 nutrientes (Shahzad *et al.*, 2025). Para iniciar el proceso fermentativo es necesario contar
112 con inóculos que contengan los microorganismos que permitan la fermentación
113 controlada; estos pueden obtenerse de diversas fuentes como la microbiota presente en el
114 ambiente (suelos), alimentos en su estado natural (vegetales, frutas) o fermentados
115 (yogur, kombucha, kimchi, chicha de jora) y también de laboratorios (cepas puras). El
116 propósito de la investigación fue evaluar la capacidad fermentativa de inóculos obtenidos
117 con dos subproductos: arroz partido (A) y afrecho de trigo (SP), bajo dos formas de
118 preparación (sin fermentación SF y con fermentación CF) y bacterias ácido-lácticas, para
119 la elaboración del biofermento con intestinos de pollo, determinando su estabilidad
120 mediante el pH y acidez (Holguín *et al.*, 2009; Crispulo *et al.*, 2017), contribuyendo con
121 el desarrollo de una nueva propuesta de aplicación, ya que usualmente son empleados en
122 la agricultura (Jaulis *et al.*, 2024) utilizando otros tipos de sustrato como estiércol de
123 animales, suero de leche, vísceras (Restrepo, 2001; Cardozo *et al.*, 2021). Asimismo, con
124 el biofermento se pretende realizar futuras investigaciones para determinar su uso
125 potencial en la acuicultura, ya sea en medios de cultivo para microalgas o en dietas para
126 organismos acuáticos, contribuyendo con el modelo de acuicultura sostenible que
127 promueve la FAO, para asegurar el abastecimiento futuro de alimentos provenientes de
128 esta actividad (FAO, 2025).

129 **MATERIALES Y MÉTODOS**

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

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

149 La preparación de los inóculos se realizó en frascos de vidrio de 900 mL con tapa y
150 sistema *airlock* (para el control de gases). La mezcla estuvo compuesta por 10% de yogur,
151 10% de melaza, 2% de líquido drenado y 78% de agua destilada. Los cálculos se
152 realizaron con base en 750 g de peso final puesto que los empleados tenían capacidad

153 para 900 mL. El control se preparó con los mismos porcentajes de yogurt y melaza
154 completando el peso final con agua destilada. Los frascos se distribuyeron de manera
155 aleatoria y se mantuvieron en un ambiente con luz y temperatura controladas; cada 2 días
156 se extrajeron muestras con una pipeta automática (100-1000 μ L). Se realizó el
157 seguimiento de la fermentación realizando la evaluación del pH y la acidez (expresada
158 como porcentaje de ácido láctico) (Berenz *et al.*, 1997). Para la medición de pH se
159 utilizaron 2 mL de muestra y se colocó en un tubo cónico de plástico de 15 mL para
160 realizar la medición directa con el potenciómetro digital (Milwaukee). La determinación
161 de acidez se realizó con 1 mL (1000 μ L) de muestra, se agregaron 50 mL de agua
162 destilada, gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con una solución estandarizada de
163 NaOH 0,1 N. Las mediciones se realizaron por quintuplicado para luego someterlas a
164 comparaciones estadísticas y determinar la más adecuada para la preparación del
165 biofermento. Asimismo, se anotaron las características del olor y aspecto general, como
166 la formación de espuma u hongos en la superficie.

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

173 La mezcla para preparar el biofermento de intestinos estuvo compuesta por 33,33% de
174 inóculo, 33,33% de residuos, 15% de melaza y 18,4% de agua. El procedimiento se
175 realizó acorde con lo sugerido por Bringas-Alvarado *et al.* (2018) para ensilado de

176 residuos de pescado. Se extrajeron muestras durante ocho días para medir el pH y la
177 acidez, siguiendo el procedimiento descrito para los inóculos.

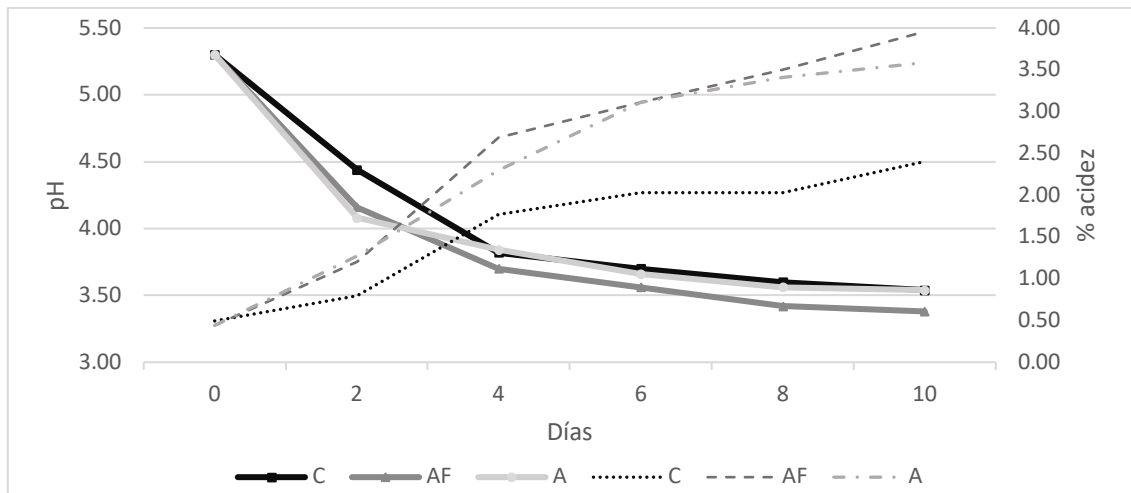
178 El análisis de los datos se realizó con el software IBM SPSS Statistics versión 25, los
179 valores de pH y acidez de los inóculos se sometieron a estadística descriptiva, se
180 sometieron a la prueba de normalidad con Shapiro-Wilk, homogeneidad de varianzas con
181 la prueba de Levene y análisis de varianza con ANOVA para determinar la existencia de
182 diferencias significativas y prueba post hoc de comparaciones múltiples con HSD Tukey
183 con un nivel de confianza de 95%.

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

191

192 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

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



198

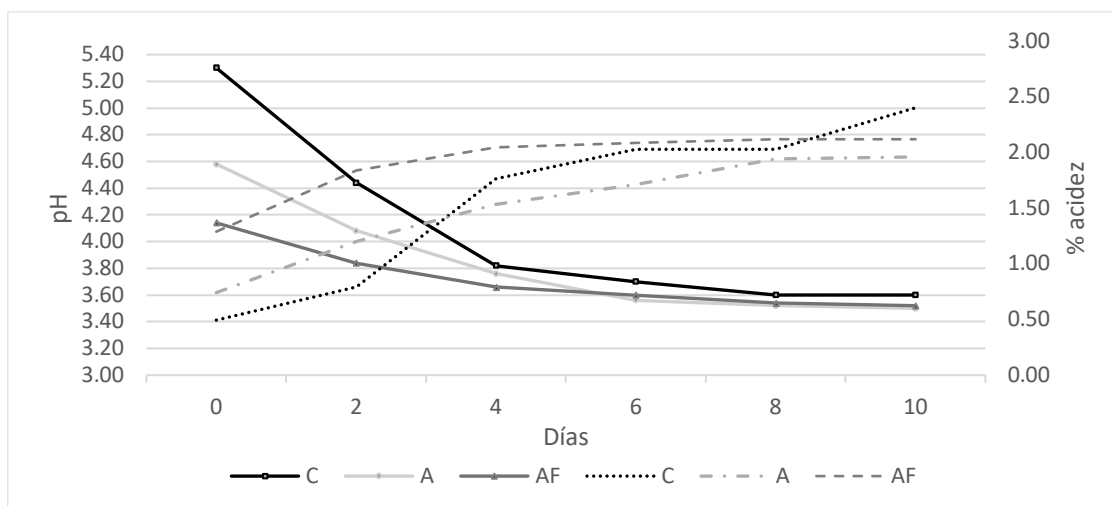
199 **Figura 1.** Curvas de pH y acidez titulable de inóculo con arroz partido (A) y afrecho (AF)
 200 sin fermentación previa (SP)

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

208

209

210



211

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

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

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

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

229 **Tabla 1.** Comparación de valores promedio de pH y acidez de las pruebas SF y CF al
 230 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

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

233

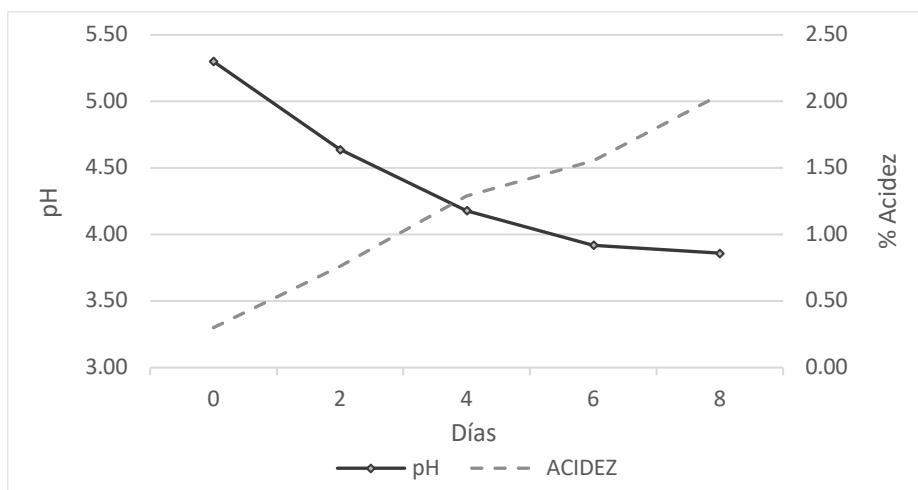
234 Con base en los resultados anteriores se puede afirmar que el arroz partido y el afrecho
 235 influyen en el proceso fermentativo, al respecto (Castillo *et al.*, 2019) indican que los
 236 carbohidratos que se encuentran presentes en los insumos contribuyen al proceso
 237 aportando azúcares y tienen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

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

246 En la Figura 3 se presentan las curvas de pH y acidez titulable del biofermento de
 247 intestinos de pollo, donde se observa la relación inversa. O'Neil & Ramos-Abensur (2022)
 248 explican que en el proceso homofermentativo, las BAL canalizan la glucosa y la degradan
 249 mediante glucólisis, obteniéndose como producto final ácido láctico, por lo que
 250 incrementa la acidez; a su vez, debido a la alta tasa de conversión de la ruta

251 homofermentativa, el flujo de protones (H⁺) hacia el exterior de la célula es masivo, por
252 lo que disminuye el pH (Siegumfeldt *et al.*, 2000). Consumido el azúcar disponible, las
253 BAL ya no tienen sustrato para seguir produciendo más ácido láctico, por lo tanto, la
254 acidez ya no aumenta significativamente y el pH se estabiliza.

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



270

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

272

273 En cuanto a trabajos que evidencian el empleo de insumos similares a los de la presente
 274 investigación para la obtención de inóculos, se ha encontrado que se suelen utilizar en
 275 mezclas junto con otros insumos en la elaboración de abonos líquidos con fines agrícolas
 276 (García & Félix, 2014; Cardozo *et al.*, 2021; O'Neil & Ramos-Abensur, 2022). Por otro
 277 lado, Castillo *et al.* (2019) en una de las pruebas emplearon polvillo de arroz (como
 278 sustrato) y yogurt preparado a base de leche y *Limosilactobacillus fermentum* (Beijerinck
 279 1901) Zheng *et al.* 2020, aislado del intestino de cerdo, para elaborar ensilado de residuos
 280 de pescado y langostino. A diferencia de los resultados obtenidos en la presente
 281 investigación, no pudieron conseguir un producto con pH y acidez adecuados.

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

286

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

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

303

304 **Author contributions: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)**

305 CDC = Catalina Díaz-Cachay

306 AWZC= Abel Walter Zambrano-Cabanillas

307 WBR = Walter Blas-Ramos

308

309 **Conceptualization:** CDC, AWZC

310 **Data curation:** WBR

311 **Formal Analysis:** AWZC, WBR

312 **Funding acquisition:** CDC

313 **Investigation:** CDC

314 **Methodology:** CDC, AWZC

315 **Project administration:** CDC

316 **Resources:** CDC

317 **Software:** WBR

318 **Supervision:** CDC

319 **Validation:** WBR

320 **Visualization:** CDC

321 **Writing – original draft:** CDC, AWZC

322 **Writing – review & editing:** CDC

323

324 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

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

- 331 Berenz, Z., La Cherre, E., & Plácido, M. (1997). *Informe I curso nacional de*
332 *procesamiento de ensilado de pescado*. Lima, Instituto Tecnológico Pesquero
333 ITP.
- 334 Bringas-Alvarado, L., Zamorano-Ochoa, A., Rojo-Rodríguez, J., González-Félix, M.,
335 Pérez-Velázquez, M., Cárdenas-López, J. & Navarro-García, G. (2018).
336 Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización
337 como ingrediente en dietas para bagre de canal. *Revista de Ciencias Biológicas y*
338 *de la Salud*, 20, 85-94.
- 339 Botello, A., Pérez, K., Méndez-Martínez, Y., Ortega, M., Martínez, Y., Rodríguez, Y.,
340 Cisneros, M. & Morán, C. (2023). Composición química de intestinos de pollos
341 pre-secados con harinas vegetales: proteína alternativa para la acuicultura. *Revista*
342 *MVZ Córdoba*, 28, e3058.
- 343 Cardozo, A., El Mujtar, V., Álvarez, V. & Sisón, L. (2021). *Manual para la elaboración*
344 *de biofertilizante a partir de desechos agropecuarios*. Fondo Regional de
345 Tecnología Agropecuaria.
- 346 Castillo, W., Sánchez, H. & Ochoa, G. (2019). Evaluación del ensilado de residuos de
347 pescado y de cabeza de langostino fermentado con *Lactobacillus fermentus*
348 aislado de cerdo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30, 1456-1469.
- 349 Crispulo, R., Hoyos, J., Garcés, Y., Muñoz, L. & Gómez, J. (2017). Evaluación de
350 procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal.
351 *Ciencia en Desarrollo*, 8 (2), 39-50.
- 352 Díaz-Cachay, C., Gamero-Collado, B., Álvarez-Verde, C., Llontop-Vélez, C. &
353 Zambrano-Cabanillas, A. (2023). Efecto de ensilados de sangre e intestinos de
354 pollo, como sustitutos parciales de la harina de pescado, en el crecimiento de

- 355 alevinos de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Revista de*
356 *Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34, e24624.
- 357 Dos Santos, R. A., Silva, J., Leonardo, H., De Almeida, J., & Brito, L. (2023). Reducing
358 the environmental impacts of Brazilian chicken meat production using different
359 waste recovery strategies. *Journal of Environmental Management*, 341, 118021.
- 360 Edwards, P., Zhang, W., Belton, B. & Little, D. C. (2019). Misunderstandings, myths,
361 and mantras in aquaculture: Its contribution to world food supplies has been
362 systematically over reported. *Marine Policy*, 106:103547.
- 363 FAO (2009). *Cómo alimentar al mundo en 2050*. FAO. Roma.
- 364 FAO (2025). *Directrices para la acuicultura sostenible*. FAO. Roma.
- 365 Fernández, A. (2021). Chemical and biological ensilates. An alternative for the integral
366 and sustainable use of fishing waste in Argentina. *Marine and Fishery Sciences*,
367 34, 235-262.
- 368 Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA) (2023). *Estado de la población*
369 *mundial 2023*. [https://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2023-](https://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2023-8-billion-lives-infinite-possibilities)
370 [8-billion-lives-infinite-possibilities](https://www.unfpa.org/publications/state-world-population-2023-8-billion-lives-infinite-possibilities)
- 371 Florida, R., & Reategui, D. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus*
372 *domesticus*). *Livestock Research for Rural Development*, 31,
373 <https://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html>
- 374 García, C. & Félix, J. (2014). *Manual para la producción de abonos orgánicos y*
375 *biorracionales*. Fundación Produce Sinaloa.
- 376 González, D., & Marín, M. (2005). Obtención de ensilados biológicos a partir de los
377 desechos del procesamiento de sardinas. *Revista Científica*, 15, 560-567.

- 378 Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R., & Joshi, N. H. (2020). Fish meal and fish
379 oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review.
380 *Journal of Experimental Zoology.India*, 23, 13-21.
- 381 Holguín, M., Caicedo, L. & Veloza, L. (2009). Estabilidad de almacenamiento de
382 ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias
383 ácido-lácticas. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 56,
384 95-104.
- 385 Hardwick, D. (2021). *Bioferments. Making them on your farm*. Re-genfarming.
- 386 Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad
387 Intelectual (INDECOPI) (2014). *Norma Técnica Peruana 202.092 2014. Leche y*
388 *productos lácteos. Leches fermentadas. Yogurt. Requisitos*. 5ª edición.
- 389 Jaulis, J. C., Juscamaita, J., Martínez, A., Buendía, M. A., Adama, E. R., & Fuentes, E.
390 L. (2024). Abono líquido orgánico acelerado elaborado a partir de efluentes de la
391 industria de la palma aceitera. *Manglar*, 21, 253-258.
- 392 Luthada-Raswiswi, R., Mukaratirwa, S., & O'Brien, G. (2021). Animal protein sources
393 as a substitute for fishmeal in aquaculture diets: a systematic review and meta-
394 Analysis. *Applied Sciences*, 11, 3854.
- 395 Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) (2024). *Boletín estadístico*
396 *mensual de la producción y comercialización de productos avícolas. Mes*
397 *diciembre 2024*. MIDAGRI.
- 398 Nadar, C. G., Fletcher, A., Moreira, B. R., Hine, D., & Yadav. S. (2024). Waste to protein:
399 A systematic review of a century of advancement in microbial fermentation of
400 agro-industrial byproducts. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food*
401 *Safety*, 23, e13375.

- 402 O'Neil, B., & Ramos-Abensur, V. (2022). Revisión del estado del conocimiento y uso de
403 los fermentos líquidos y del biol en los Andes. Rikolto y Universidad de Michigan.
- 404 Restrepo, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes*
405 *foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto
406 Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- 407 Sands, R., Meade, B., Seale, Jr., Robinson, S., & Seeger, R. (2023). *Scenarios of Global*
408 *Food Consumption: Implications for Agriculture* (Economic Research Report
409 323). U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.
- 410 Shahzad, M., Hayat, R., Mujtaba, G., Rehman, W.U., & Nadeem, M. (2025).
411 Biofertilizers in sustainable agriculture: mechanisms, applications, and future
412 prospects. *Discover Agriculture*, 3, 224.
- 413 Siegumfeldt, H., Björn-Rechinger, K., & Jakobsen, M. (2000). Dynamic changes of
414 intracellular pH in individual lactic acid bacterium cells in response to a rapid drop
415 in extracellular pH. *Applied and environmental microbiology*, 66, 2330–2335.
- 416 Spanopoulos-Hernández, M., Ponce-Palafox, J.T., Barba-Quintero, G., Ruelas-Inzunza,
417 J.R., Tiznado-Contreras, M.R., Hernández-González, C., & Shirai, K. (2010).
418 Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado
419 de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis*
420 *sp*), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería*
421 *Química*, 9, 167-178.
- 422 Skunca, D., Tomasevic, I., Nastasijevic, I., Tomovic, V. & Djekic, I. (2018). Life cycle
423 assessment of the chicken meat chain. *Journal of Cleaner Production*, 184, 440-
424 450.

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

427 Received May 25, 2026.

428 Accepted May 5, 2026

ASAP