

## Efecto del posbiótico de levadura más camu camu (*Myrciaria dubia*) sobre el desempeño en crecimiento, peso de órganos inmunes y título de anticuerpos del pollo de engorde

Effect of yeast postbiotic plus camu camu (*Myrciaria dubia*) on the growth performance, immune organ weight and antibody titre of broiler chickens

Manuel Paredes<sup>1\*</sup>, José Mantilla<sup>1</sup>

### RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto dietario del posbiótico de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) más camu camu (*Myrciaria dubia*) deshidratado sobre el rendimiento en crecimiento y la función inmune de pollos de engorde mediante cinco tratamientos: dieta basal (DB), DBB (DB + 500 mg/kg de bacitracina metileno disalicilato, BMD), DBP (DB + 1 g/kg de posbiótico), DBPCC (DBP + 200 mg/kg de *M. dubia*) y DBPCD (DBP + dosis decrecientes de *M. dubia*). Los resultados mostraron que en los grupos DBB, DBPCC y DBPCD aumentaron ( $p < 0.05$ ) el peso y la eficiencia alimenticia de los pollos. La adición de posbiótico + *M. dubia* redujo ( $p < 0.05$ ) el peso de la bolsa de Fabricio y mejoró ( $p < 0.05$ ) los títulos de anticuerpos contra bronquitis infecciosa, Newcastle y Gumboro. En conclusión, el posbiótico de *S. cerevisiae* + *M. dubia* podrían reemplazar a la BMD en las dietas de pollos de engorde sin alterar el crecimiento normal y favorecer la función inmune del pollo de engorde.

**Palabras clave:** pollo de engorde, posbiótico, camu camu, crecimiento, inmunidad

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

\* Autor de correspondencia: Manuel Paredes; [mparedes@unc.edu.pe](mailto:mparedes@unc.edu.pe)

Recibido: 14 de marzo de 2024

Aceptado para publicación: 31 de octubre de 2024

Publicado: 20 de diciembre de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 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

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the dietary effect of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) postbiotic plus dehydrated camu camu (*Myrciaria dubia*) on growth performance and immune function of broiler chickens using five treatments: basal diet (DB), DBB (BD + 500 mg/kg bacitracin methylene disalicylate, BMD), DBP (DB + 1 g/kg postbiotic), DBPCC (DBP + 200 mg/kg *M. dubia*) and DBPCD (DBP + decreasing doses of *M. dubia*). The results showed that in the DBB, DBPCC and DBPCD groups the weight and feed efficiency of chickens increased ( $p < 0.05$ ). The addition of postbiotic + *M. dubia* reduced ( $p < 0.05$ ) the weight of the bursa of Fabricius and improved ( $p < 0.05$ ) the antibody titres against infectious bronchitis, Newcastle and Gumboro. In conclusion, the postbiotic of *S. cerevisiae* + *M. dubia* could replace BMD in broiler diets without altering normal growth and promoting broiler immune function.

**Key words:** broiler chicken, postbiotic, camu camu, growth, immunity

## INTRODUCCIÓN

Para satisfacer la gran demanda de carne de pollo, la industria avícola utiliza intensivamente, entre otras estrategias, la selección genética (Brito *et al.*, 2021), la cual ha permitido el crecimiento rápido y eficiente del pollo con buen rendimiento de pechuga (Velleman, 2023); sin embargo, el alto rendimiento de las aves exige intenso trabajo metabólico y buen funcionamiento de los órganos inmunológicos (Benzertiha *et al.*, 2020). En la práctica estas condiciones fisiológicas demandan de suministro nutricional balanceado y control riguroso de los desafíos ambientales y microbianos (Chaney *et al.*, 2023). En el Perú, la producción de carne de pollo se realiza principalmente en la región costera con el uso de tecnología actual y en menor escala en las regiones de sierra y selva, donde las condiciones climáticas son muy variables, y los factores ambientales inestables son elementos que podrían afectar el bienestar de los animales (Zhou *et al.*, 2020).

El uso de antibióticos es una tecnología muy eficiente en la producción comercial de pollos (Callaway *et al.*, 2021); sin embargo, los residuos de antibióticos en la carne repre-

sentan serias amenazas para la salud pública (Zhang *et al.*, 2023). Actualmente, la industria avícola utiliza sustancias alternativas para reemplazar los antibióticos. Los probióticos, prebióticos, simbióticos y fitobióticos son potenciales reemplazantes de los antibióticos dietarios (Rehman *et al.*, 2020). También están disponibles los posbióticos, que son aditivos usados desde hace algún tiempo en la industria avícola (Chaney *et al.*, 2023). Los posbióticos son definidos por la comunidad científica como probióticos inactivados o microorganismos inanimados que coadyuvan a la buena salud (Vinderola *et al.*, 2022). Wang *et al.* (2021) indican que las levaduras hidrolizadas de *Saccharomyces cerevisiae* pertenecen al grupo de los posbióticos y ejercen algunos beneficios en pollos de engorde.

De otro lado, las aves de alto rendimiento siempre están expuestas a enfermedades que causan grandes pérdidas económicas en la industria avícola (Talebi *et al.*, 2015). La vacunación es una práctica preventiva que estimula respuesta inmunitaria en el organismo (El-Dabae *et al.*, 2018), así como la vacunación con coadyuvantes mejora la respuesta inmune (Meunier *et al.*, 2016). Muchos extractos de hierbas tienen grandes efectos inmunomoduladores (Alagawany, *et*

al., 2019). En pavos de engorde se demostró que la combinación de un posbiótico más saponinas ejercen efectos aditivos en el sistema inmune y en el crecimiento (Chaney *et al.*, 2023).

En Sudamérica existe una gran diversidad de frutos de origen vegetal considerados como fitobióticos, dentro de los cuales se tiene el camu-camu (*Myrciaria dubia*), pequeña fruta nativa de la selva amazónica con altos contenidos de vitamina C, antocianinas como la cianidina-3-glucósido y compuestos de acilfloroglucinol como myrciarona A y B, isomirtucommulona B y rodomirtona (Kaneshima *et al.*, 2017). Dichos compuestos tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e inmunológicas, que asociados con un posbiótico podrían mejorar el desempeño y funcionamiento inmunológico del pollo. En el presente estudio se realizó la suplementación dietaria con el posbiótico de *S. cerevisiae* asociado con diferentes dosis de camu-camu deshidratado y se determinó su efecto en el crecimiento, desarrollo de órganos linfoides y título de anticuerpos del pollo de engorde criado a nivel de la sierra peruana

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aves y Alojamiento

El estudio se realizó en la granja avícola de la Universidad Nacional de Cajamarca, Perú, a 2746 msnm, durante 42 días experimentales. Se criaron 800 pollos machos Cobb 500 de un día de edad, adquiridos de una incubadora comercial de la provincia de Lima (34 msnm). Los pollos fueron vacunados en la misma incubadora contra la enfermedad de Marek. Las aves se criaron en un mismo galpón dividido en 40 corrales de 4 m<sup>2</sup>, a razón de 20 aves por corral.

Las aves durante la primera semana ocuparon la tercera parte del área del corral, las 2/3 partes en la segunda semana y desde

la tercera semana, cada lote de pollos ocupó la totalidad del corral. La cama era de viruta y la temperatura inicial en el área de crianza fue de 32 °C, la que se redujo en aproximadamente 3 °C por semana. Desde los 35 días de edad los pollos se mantuvieron a temperatura ambiente. El alimento se proporcionó en un comedero tipo bandeja en la primera semana y luego reemplazado por un comedero tipo tolva más un bebedero Plasson en cada corral. Las aves fueron vacunadas, vía ocular, a los 14 días de edad con las vacunas Bursine-2 y Newcastle LS + Bronquitis Mass (Montana SA) contra las enfermedades de Newcastle, Gumboro y bronquitis infecciosa.

### Diseño Experimental y Dietas

Las aves se distribuyeron de acuerdo con un diseño completamente aleatorio en 5 tratamientos, 160 pollos/tratamiento, 8 corrales/tratamiento y 20 aves/corral. Un corral se consideró como una repetición.

#### Los tratamientos fueron:

- DB: dieta basal libre de bacitracina, posbiótico y camu camu,
- DBB: DB + 500 mg/kg de bacitracina metileno disalicilato
- DBP: DB + 1 g/kg de posbiótico *Saccharomyces cerevisiae*,
- DBPCC: DBP + camu camu, a razón de 200 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2,
- DBPCD: DBP + camu camu en dosis decrecientes de 200, 150, 100 y 50 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2.

Las dietas del grupo control (DB) se formularon de acuerdo con las recomendaciones nutricionales de Cobb (2022). Los ingredientes y contenido de nutrientes de las dietas se muestran en el Cuadro 1. Se utilizó un programa de alimentación de cuatro etapas donde la dieta de inicio se suministró del día 0 al 8, la dieta de crecimiento de 9 a 18 días y las dietas finalizadoras 1 y 2 se suministraron del día 19 al 28 y 29 a 42, respecti-

vamente. El alimento tipo harina se proporcionó restringido a partir del día 19 hasta el 42, con acceso al comedero durante 16 horas diarias, y el agua *ad libitum*. El posbiótico de levaduras hidrolizadas de *Saccharomyces cerevisiae* se adquirió como Hilyses (ICC-Brazil), la bacitracina metileno disalicilato como BMD 11% (Zoetis) y el camu-camu deshidratado fue adquirido de Kera, Perú. El pienso se preparó en la fábrica de alimentos pecuarios de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### Rendimiento Productivo

Las mediciones del rendimiento productivo incluyeron:

- Peso corporal en el momento de la recepción y en los días 8, 18, 28 y 42. Los pesos se tomaron del total de aves de cada corral y se obtuvo el peso promedio por ave, que representa el dato de una repetición (peso total de los pollos dividido por el número de aves en cada corral). Para el análisis estadístico se utilizaron las medias de los pesos corporales por corral.
- Ganancia de peso. Se calculó por cada intervalo de tiempo restando los pesos iniciales de los pesos finales, en función del número de aves al final de cada periodo. Además, se determinó la ganancia de peso media diaria (GMD).
- Consumo de alimento: Se determinó pesando el pienso suministrado diariamente por corral, según periodo alimenticio. Se determinó el alimento consumido promedio por ave durante cada intervalo de tiempo. También se determinó la media de la ingesta diaria de alimento (IDA).
- Índice de conversión alimenticia (ICA). Consideró el alimento consumido para el peso ganado en promedio por ave.  $ICA = IDA/GMD$ .
- Mortalidad. Se registró por intervalo de tiempo de acuerdo con el periodo de alimentación como viabilidad, o porcentaje de aves que sobrevivieron en ese periodo de tiempo en relación con los números iniciales en cada corral.

### Peso de Órganos Inmunes

El día 42 del experimento se seleccionaron aleatoriamente ocho aves por tratamiento después de 12 horas sin alimento. Se pesaron las aves vivas y luego se sacrificaron mediante corte del cuello. Después del desangrado y evisceración se colectó el hígado, bolsa de Fabricio, timo y bazo. Los órganos fueron pesados en una balanza electrónica (capacidad 2000 g, precisión 0.05 g). Los pesos de los órganos se expresan de manera absoluta y con relación al peso vivo del pollo.

### Título de Anticuerpos

En el día 28 del experimento (14 días después de la vacunación) se seleccionaron al azar 8 aves por tratamiento. Muestras de sangre (5.0 ml) fueron recogidas y tomadas de la vena del ala en tubos no heparinizados. Las muestras de sangre se incubaron a 37 °C durante 2 h, se centrifugaron a 3000 rpm durante 20 min y el suero se almacenó a -20 °C para un análisis posterior en el Laboratorio Microclin SA, Trujillo, Perú, de propiedad privada. Las muestras se sometieron a la prueba de inhibición de la hemaglutinación para determinar anticuerpos frente al virus de la enfermedad de Newcastle (NDV), expresado como  $\log_2$ . Los títulos de anticuerpos para el virus de la bronquitis infecciosa (IBV) se midieron mediante el kit Peptide ELISA anti-IB (Eagle Biosciences, EE. UU.). El título de anticuerpos contra el virus de la enfermedad infecciosa de la bolsa de Fabricio (IBDV) se determinó mediante el kit Indirect Antigen-Capture ELISA (IDEXX Laboratories, EE. UU.). Los resultados se leyeron a 650 nm en un lector de microplacas.

### Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados con el software SAS v. 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC) bajo un diseño completamente aleatorizado. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan. Se consideró que los datos eran estadísticamente diferentes en  $p < 0.05$ .

Cuadro 1. Ingredientes y contenido nutricional de la dieta basal por etapas

	0-8 d	9-18 d	19-28 d	29-42 d
<b>Ingredientes (%)</b>				
Maíz amarillo	48.00	49.00	50.00	51.00
Arroz quebrado	10.00	12.00	15.00	15.00
Torta de soya 44%	37.75	31.00	27.30	25.30
Aceite de soya	2.00	4.00	4.00	5.00
Carbonato de calcio	1.20	1.00	1.00	1.00
Fosfato mono dicálcico	2.00	2.00	1.70	1.70
Sal común	0.30	0.35	0.35	0.40
Bicarbonato de sodio	0.10	--	--	--
DL-Metionina	0.20	0.20	0.20	0.20
Lisina HCl	0.20	0.20	0.20	0.20
Premezcla vitamínica mineral <sup>1</sup>	0.10	0.10	0.10	0.10
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.5
Antimicótico	0.10	0.10	0.10	0.1
<b>Contenido nutricional</b>				
Materia seca, %	87.80	87.98	87.92	88.02
Proteína, %	21.39	19.44	18.06	17.22
EM, kcal/kg	2869	3031	3083	3154
Fibra cruda, %	3.21	2.98	2.81	2.71
Lisina, %	1.25	1.13	1.04	0.99
Metionina, %	0.50	0.48	0.46	0.45
Calcio, %	0.92	0.83	0.77	0.76
Fósforo disponible, %	0.45	0.45	0.39	0.38
Sodio, %	0.16	0.16	0.16	0.18

<sup>1</sup> Cada kilogramo contiene: Retinol 12000 mil UI, Colecalciferol 5000 mil UI, DL Alfa tocoferol acetato 30 mil UI, Menadiona bisulfito 3 g, Tiamina 2 g, Riboflavina 10 g, Piridoxina 3 g, Cianocobalamina 0.015 g, Ácido Pantoténico 11 g, Ácido Fólico 2 g, Niacina 30 g, Biotina 0.15 g, Manganeso 80 g, Zinc 80 g, Hierro 50 g, Cobre 12 g, Yodo 1 g, Selenio 0.30 g

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Desempeño productivo

Los pesos corporales, la ganancia media diaria, la ingesta diaria de alimento, el índice de conversión alimenticia y la mortalidad de los pollos de engorde según tratamientos por fase alimenticia y durante todo el ex-

perimento se muestran en el Cuadro 2. Durante todo el experimento y en cada fase, el peso corporal fue significativamente diferente entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). El peso de los pollos DB fue inferior al de los pollos DBP y los pollos DBB, DBPCC y DBPCD tuvieron los mejores pesos corporales. La GMD en las fases de 0-8 d, 9-18 d, 29-42 d y 0-42 d fue mayor en los grupos DBB, DBPCC y DBPCD. Sin embargo, durante la fase de 19-

Cuadro 2. Efecto de la adición en la dieta de antibiótico, posbiótico de levaduras y camu camu (*Myrciaria dubia*) en el desempeño en crecimiento del pollo de engorde

	Tratamientos experimentales					SEM	Valor p
	DB	DBB	DBP	DBPCC	DBPCD		
<b>Peso corporal (g)</b>							
Día 8	204 <sup>c</sup>	226 <sup>a</sup>	214 <sup>b</sup>	227 <sup>a</sup>	224 <sup>a</sup>	4.40	0.016
Día 18	602 <sup>c</sup>	801 <sup>a</sup>	732 <sup>b</sup>	801 <sup>a</sup>	806 <sup>a</sup>	39.08	0.009
Día 28	1378 <sup>c</sup>	1594 <sup>a</sup>	1419 <sup>b</sup>	1579 <sup>a</sup>	1588 <sup>a</sup>	46.69	0.008
Día 42	2604 <sup>c</sup>	2991 <sup>a</sup>	2732 <sup>b</sup>	2978 <sup>a</sup>	3002 <sup>a</sup>	31.59	0.013
<b>GMD (g/ave)</b>							
0-8 d	20.1 <sup>c</sup>	22.9 <sup>a</sup>	21.4 <sup>b</sup>	23.1 <sup>a</sup>	22.7 <sup>a</sup>	0.57	0.032
9-18 d	39.0 <sup>c</sup>	57.5 <sup>a</sup>	51.7 <sup>b</sup>	57.3 <sup>a</sup>	58.2 <sup>a</sup>	3.63	0.033
19-28 d	77.6 <sup>a</sup>	79.3 <sup>a</sup>	68.7 <sup>b</sup>	77.8 <sup>a</sup>	78.2 <sup>a</sup>	1.93	0.047
29-42 d	87.6 <sup>b</sup>	99.8 <sup>a</sup>	93.8 <sup>ab</sup>	99.9 <sup>a</sup>	100.6 <sup>a</sup>	2.51	0.041
0-42 d	60.8 <sup>b</sup>	70.2 <sup>a</sup>	64.1 <sup>ab</sup>	69.8 <sup>a</sup>	70.4 <sup>a</sup>	1.89	0.039
<b>IDA (g/ave)</b>							
0-8 d	23.4	23.8	22.9	23.6	23.4	0.14	0.204
9-18 d	74.2	74.8	75.2	75.1	73.9	0.25	0.371
19-28 d	144.3	141.2	142.3	144.1	138.9	0.99	0.219
29-42 d	203.6	198.9	203.1	201.4	202.6	0.84	0.422
0-42 d	124.3	122.2	123.8	123.7	120.4	0.71	0.697
<b>ICA</b>							
0-8 d	1.16 <sup>a</sup>	1.04 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>	1.02 <sup>b</sup>	1.03 <sup>b</sup>	0.02	0.046
9-18 d	1.90 <sup>a</sup>	1.30 <sup>b</sup>	1.45 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>b</sup>	1.27 <sup>b</sup>	0.12	0.034
19-28 d	1.86 <sup>b</sup>	1.78 <sup>b</sup>	2.07 <sup>a</sup>	1.85 <sup>b</sup>	1.77 <sup>b</sup>	0.05	0.039
29-42 d	2.32 <sup>a</sup>	1.99 <sup>c</sup>	2.16 <sup>b</sup>	2.02 <sup>c</sup>	2.01 <sup>c</sup>	0.06	0.017
0-42 d	2.04 <sup>a</sup>	1.74 <sup>b</sup>	1.93 <sup>ab</sup>	1.77 <sup>b</sup>	1.71 <sup>b</sup>	0.06	0.035
<b>Mortalidad (%)</b>	8.12 <sup>a</sup>	8.82 <sup>a</sup>	7.50 <sup>a</sup>	5.62 <sup>b</sup>	4.37 <sup>b</sup>	0.75	0.047

DB: Dieta basal que no incluyó antibiótico, posbiótico ni camu camu. DBB: DB + 500 mg/kg de bacitracina metileno disalicilato. DBP: DB + 1 g/kg de posbiótico *Saccharomyces cerevisiae*. DBPCC: DBP + camu camu a razón de 200 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2. DBPCD: DBP + camu camu en dosis decrecientes de 200, 150, 100 y 50 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2

GMD: Ganancia media diaria. IDA: Ingesta diaria de alimento. ICA: Índice de conversión alimenticia

Las medias de una fila con diferentes letras en superíndice (a, b, c) difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

28 d, el grupo DB tuvo la misma GMD que los pollos DBB, DBPCC y DBPCD. No se encontraron diferencias en la IDA entre tratamientos por fases alimenticias y en todo el experimento. El ICA fue diferente entre tra-

tamientos en todas las fases. El ICA de 0-42 d fue mejor para los tratamientos DBB, DBP, DBPCC y DBPCD con relación al pollo DB. La tasa de mortalidad fue mayor en los pollos DB, DBB y DBP ( $p < 0.05$ ).

En particular, la suplementación del posbiótico de *Saccharomyces cerevisiae* más *Myrciaria dubia* en pollos de engorde demostró su potencial como promotor de crecimiento para reemplazar al antibiótico BMD en el alimento. Esto posiblemente debido a que el posbiótico contiene  $\beta$ -glucanos y oligosacáridos mananos (MOS), compuestos que pudieron influenciar en el crecimiento de las aves (Kiarie *et al.*, 2022). Los MOS también pueden prevenir la proliferación de bacterias dañinas al impedir que los patógenos se unan al epitelio intestinal, mejorando la función protectora de la mucosidad intestinal (Gao *et al.*, 2008). De otro lado, el camu camu contiene varios componentes antimicrobianos como el acilfloroglucinol y rodormirtona (Kaneshima *et al.*, 2017), que pudieron propiciar buena salud intestinal de las aves, indispensable para una eficiente asimilación de los nutrientes dietéticos durante el crecimiento (Zhen *et al.*, 2023).

Respecto de la elevada mortalidad de los pollos de engorde en los cinco tratamientos, a la necropsia se observaron cuadros de síndrome ascítico como principal causa de muerte, debido posiblemente a las condiciones hipobáricas de la zona geográfica donde se llevó a cabo el experimento; sin embargo, los tratamientos con la suplementación mixta de posbiótico más camu camu determinaron menores tasas de mortalidad.

### **Peso de los órganos inmunes**

No hubo diferencias en los pesos relativos del hígado, timo y bazo con respecto al peso corporal, excepto la bolsa de Fabricio, que se vio afectada por el tratamiento dietético ( $p=0.048$ ; Cuadro 3). Así, tanto los tratamientos con camu camu en dosis constantes y dosis decrecientes redujeron el peso en comparación con los pollos que consumieron DB, DBB y DBP.

Los tratamientos dietéticos con BMD o con posbiótico, con o sin *Myrciaria dubia* no presentaron problemas de agrandamiento del hígado, el cual macroscópicamente tam-

poco presentó lesiones. Akachi *et al.* (2010) refiere que el camu camu contiene el 1-metilmalato, que es un compuesto bastante específico para suprimir lesiones hepáticas. Además, el camu camu tiene propiedades antiinflamatorias y antioxidantes (Inoue *et al.*, 2008), que podrían evitar procesos inflamatorios.

La similitud del peso del bazo y timo, y la reducción del peso de la bolsa de Fabricio por efecto del posbiótico y camu camu son antagónicos con los observados en otros estudios, donde la suplementación con microorganismos benéficos vivos en pollos de engorde mejora la proliferación celular con aumento del peso de los órganos linfoides, como el bazo, el timo y la bolsa de Fabricio (Madej *et al.*, 2015). La bolsa de Fabricio es el órgano más grande del tejido linfoide asociado al intestino y posee un microambiente único que favorece el desarrollo de células B maduras, además contiene una pequeña población de linfocitos (células T) derivados del timo, y destaca su papel crucial en la protección contra enfermedades virales (Sharma *et al.*, 2024). Los hallazgos del presente estudio pudieron estar influenciados por las propiedades antioxidantes de los compuestos bioactivos del camu camu.

Estudios previos han demostrado que el exceso de especies reactivas de oxígeno producidas tiene efectos indeseables sobre el equilibrio redox e inmunológico de los órganos inmunes, como timo, bazo y bolsa de Fabricio (Hirakawa *et al.*, 2020). De otro lado, se indica que el tamaño de la bolsa de Fabricio puede verse directamente afectado por varias condiciones patológicas o las prácticas modernas de avicultura, incluida la desinfección de huevos, la incubación artificial, el saneamiento de los criaderos, la falta de exposición al microbiota materna y el uso profiláctico de antibióticos, que pueden asociarse con un retraso en el desarrollo de la bolsa (Kpodo y Proszkowiec-Weglarz, 2023). En el presente estudio, la disminución del tamaño de la bolsa de Fabricio pudo deberse también, al contenido de algunos carbohidratos

Cuadro 3. Efecto de la adición de antibiótico, posbiótico de levaduras y camu camu (*Myrciaria dubia*) en el peso relativo de órganos inmunes (% del peso vivo) del pollo de engorde de 42 días de edad

	Tratamientos experimentales					SEM	Valor p
	DB	DBB	DBP	DBPCC	DBPCD		
Hígado	2.31	2.25	2.28	2.34	2.45	0.031	0.312
Bolsa de Fabricio	0.18 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.016	0.048
Timo	0.35	0.38	0.42	0.37	0.36	0.050	0.209
Bazo	0.10	0.08	0.11	0.12	0.09	0.007	0.473

DB: Dieta basal que no incluyó antibiótico, posbiótico ni camu camu. DBB: DB + 500 mg/kg de bacitracina metileno disalicilato. DBP: DB + 1 g/kg de posbiótico *Saccharomyces cerevisiae*. DBPCC: DBP + camu camu a razón de 200 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2. DBPCD: DBP + camu camu en dosis decrecientes de 200, 150, 100 y 50 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2. Las medias de una fila con diferentes letras en superíndice (a, b) difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ )

como MOS en las paredes celulares de las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y los compuestos bioactivos del camu camu, que evitan el desarrollo de un amplio espectro de bacterias, tal como reporta Liu *et al.* (2021), quienes determinaron que los carbohidratos del tipo polisacáridos derivados de algas incluidos en la dieta del pollo de engorde, evitan el deterioro del tejido, apoptosis celular y propicia equilibrio inmunológico en la bolsa de Fabricio.

### Título de anticuerpos

El impacto de la suplementación con bacitracina, posbiótico y camu camu en los títulos de anticuerpos a los 28 días de edad contra NDV, IBV y IBDV se presenta en el Cuadro 4. Los títulos de anticuerpos de los pollos de engorde para el NDV y IBDV fueron mayores con la asociación posbiótica más camu camu ( $p < 0.05$ ). Los títulos de anticuerpos para el IBV no cambiaron en los pollos alimentados con las dietas DBB, DBP, DBPCC y DBPCD.

El virus de la NDV, de IBV y de IBDV son patógenos que causan pérdidas significativas en la industria avícola (Abdel-Maksoud *et al.*, 2023). La vacunación ha sido el método práctico para controlar estas virosis, aunque, además, algunos fitobióticos vienen siendo evaluados y utilizados como para mejorar la inmunomodulación (Eladl *et al.*, 2020). Al respecto, los resultados del presente experimento muestran respuestas inmunomoduladoras del posbiótico más camu camu a tres enfermedades comunes como Newcastle, bronquitis infecciosa y Gumboro en pollos de engorde. Los mayores títulos de anticuerpos encontrados en los tratamientos DBPCC y DBPCD pueden atribuirse a las propiedades mejoradoras de la respuesta inmunitaria de las levaduras hidrolizadas de *Saccharomyces cerevisiae*, tal como lo señalan algunos investigadores (Liu *et al.*, 2018; Kyoung *et al.*, 2023). Adicionalmente, el camu camu, debido a su contenido alto en vitamina C, podría proporcionar bienestar orgánico y funcional al ave por sus efectos antioxidantes y antiinflamatorios, que permi-

Cuadro 4. Efecto del antibiótico, posbiótico de levaduras y camu camu (*Myrciaria dubia*) en el título de anticuerpos contra NDV, IBV e IBDV del pollo de engorde de 28 días de edad

Tratamientos	NDV (Log <sub>2</sub> )	IBV (pELISA)	IBDV (ELISA)
DB	5.08 ± 1.24 <sup>b</sup>	625 ± 134 <sup>b</sup>	1032 ± 221 <sup>b</sup>
DBB	5.74 ± 0.49 <sup>b</sup>	882 ± 271 <sup>ab</sup>	1090 ± 304 <sup>b</sup>
DBP	5.73 ± 1.07 <sup>b</sup>	962 ± 298 <sup>ab</sup>	1431 ± 298 <sup>b</sup>
DBPCC	7.52 ± 0.82 <sup>a</sup>	1121 ± 304 <sup>a</sup>	2124 ± 270 <sup>a</sup>
DBPCD	7.64 ± 0.61 <sup>a</sup>	1253 ± 318 <sup>a</sup>	2219 ± 498 <sup>a</sup>
Valor p	0.032	0.047	0.044

DB: Dieta basal que no incluyó antibiótico, posbiótico ni camu camu. DBB: DB + 500 mg/kg de bacitracina metileno disalicilato. DBP: DB + 1 g/kg de posbiótico *Saccharomyces cerevisiae*. DBPCC: DBP + camu camu a razón de 200 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2. DBPCD: DBP + camu camu en dosis decrecientes de 200, 150, 100 y 50 mg/kg en las dietas de inicio, crecimiento, finalizador 1 y finalizador 2.

NDV: Virus de la enfermedad de Newcastle. IBV: Virus de la bronquitis infecciosa. IBDV: Virus de la enfermedad infecciosa de la bolsa de Fabricio.

Las medias de una columna con diferentes letras en superíndice (a, b) difieren estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ).

tirían mantener altas concentraciones de neutrófilos con un mínimo de niveles séricos de especies reactivas de oxígeno que provocan estrés oxidativo (Inoue *et al.*, 2008).

Los resultados muestran que el uso del posbiótico más camu-camu mejoró los títulos de anticuerpos contra el NBV, IBV e IBDV. Estos resultados concuerdan con los de Hsiao *et al.* (2022), quienes informaron que agregar compuestos fitobióticos al agua de bebida de los pollos de engorde antes y después de la vacunación mejora la respuesta del título de anticuerpos contra IBV a los 28 días de edad. De otro lado debe considerarse que los resultados en la respuesta inmunitaria dependen de una serie de factores como la calidad de los aditivos (tipo, dosis, forma, especie de planta o microorganismos), aves experimentales (especie, edad, sexo, estrés, temperatura ambiental y manejo) y otros parámetros, incluido el momento y la duración de la apli-

cación del posbiótico y del aditivo botánico (Mahmoud *et al.*, 2016). Sin embargo, los resultados en el presente estudio mostraron el efecto positivo del posbiótico asociado con el camu camu, tanto en dosis constantes o decrecientes.

## CONCLUSIONES

La inclusión del posbiótico de *Saccharomyces cerevisiae* + camu camu (*M. dubia*) deshidratado podría reemplazar al antibiótico promotor de crecimiento, bacitracina metileno disalicilato, en las dietas de pollos de engorde durante todo el ciclo productivo en dosis constantes o en dosis decrecientes a medida que se avanza con las diferentes fases alimenticias, sin alterar el desempeño productivo y favoreciendo adicionalmente la función inmune del ave.

## LITERATURA CITADA

1. **Abdel-Maksoud EM, El Fattah-Daha AA, Taha NM, Lebda MA, Sadek KM, Alshahrani MY, Ahmed AE, et al. 2023.** Effects of ginger extract and/or propolis extract on immune system parameters of vaccinated Broilers. *Poultry Sci* 102: 102903. doi: 10.1016/j.psj.2023.-102903
2. **Akachi T, Shiina Y, Kawaguchi T, Kawagishi H, Morita T, Sugiyama K. 2010.** 1-Methylmalate from Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) suppressed D-Galactosamine-induced liver injury in rats. *Biosci Biotechn Bioch* 74: 573-578. doi: 10.1271/bbb.90775
3. **Alagawany M, Elnesr SS, Farag MR, Abd El-Hack ME, Khafaga AF, Taha AE, Tiwari R, et al. 2019.** Use of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) herb as a feed additive in poultry: current knowledge and prospects. *Animals* 9: 536. doi: 10.3390%2Fani9080536
4. **Benzeriha A, Kieronczyk B, Ko<sup>3</sup>odziejski P, Pruszyńska-Oszma<sup>3</sup>ek E, Rawski M, Józefiak D, Józefiak A. 2020.** *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. *Poultry Sci* 99: 196-206. doi: 10.3382/ps/pez450
5. **Brito LF, Bedere N, Douhard F, Oliveira HR, Arnal M, Penagaricano F, Schinckel AP, Baes CF, Miglior F. 2021.** Review: genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. *Animal* 15: 100292. doi: 10.1016/j.animal.2021.100292
6. **Callaway TR, Lillehoj H, Chuanchuen R, Gay CG. 2021.** Alternatives to antibiotics: a symposium on the challenges and solutions for animal health and production. *Antibiotics* 10: 471. doi: 10.3390/antibiotics10050471
7. **Cobb. 2022.** Cobb 500 broiler performance and nutrition supplement. [Internet]. Available in: <https://www.cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/2022-Cobb500-Broiler-Performance-Nutrition-Supplement.pdf>
8. **Chaney E, Miller EA, Firman J, Binnebose A, Kuttappan V, Johnson TJ. 2023.** Effects of a postbiotic, with and without a saponin-based product, on turkey performance. *Poultry Sci* 102: 102607. doi: 10.1016/j.psj.2023.102607
9. **Eladl AH, Mosad SM, El-Shafei RA, Saleh RM, Ali HS, Badawy BM, Elshal MF. 2020.** Immunostimulant effect of a mixed herbal extract on infectious bursal disease virus (IBDV) vaccinated chickens in the context of a co-infection model of avian influenza virus H9N2 and IBDV. *Comp Immunol Microb* 72: 101505. doi: 10.1016/j.cimid.-2020.101505
10. **El-Dabae WH, Hussein HA, Rohaim MA, El-Safty MM, Ata NS, Reda IM. 2018.** Saponin adjuvanted vaccine protects chickens against velogenic Newcastle disease virus. *Arch Virol* 163: 2423-2432. doi: 10.1007/s00705-018-3917-4
11. **Gao J, Zhang HJ, Yu SH, Wu SG, Yoon I, Quigley J, Gao YP, Qi GH. 2008.** Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Sci* 87: 1377-1384. doi: 10.3382/ps.2007-00418
12. **Hirakawa R, Nurjanah S, Furukawa K, Murai A, Kikusato M, Nochi T, Toyomizu M. 2020.** Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocytes in broiler chickens. *Front Vet Sci* 7: 46. doi: 10.3389/fvets.2020.00046
13. **Hsiao FSH, Artdita CA, Hua KF, Tsai CJ, Chien YH, Chen YW, Cheng YH, Yu YH. 2022.** Optimization of emulsification conditions on ethanol extract of Taiwanese green propolis using polysor-

- bate and its immunomodulatory effects in broilers. *Animals* 12: 446. doi: 10.3390/ani12040446
14. **Inoue T, Komoda H, Uchida T, Node K. 2008.** Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. *J Cardiol* 52: 127-132. doi: 10.1016/j.jjcc.2008.06.004
  15. **Kaneshima T, Myoda T, Toeda K, Fujimori T, Nishizawa M. 2017.** Antimicrobial constituents of peel and seeds of camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Biosci Biotechn Bioch* 81: 1461-1465. doi: 10.1080/09168451.2017.1320517
  16. **Kiarie EG, Mohammadigheisar M, Schulze H. 2022.** Effects of early feeding of enzymatically treated yeast on growth performance, organ weights, intestinal histomorphology, and ceca microbial metabolites in broiler chickens subjected to *Eimeria* challenge. *Poult Sci* 101: 101967. doi: 10.1016/j.psj.2022.-101967
  17. **Kpodo KR, Proszkowiec-Weglarz M. 2023.** Physiological effects of *in ovo* delivery of bioactive substances in broiler chickens. *Front Vet Sci* 10: 1124007. doi: 10.3389/fvets.2023.1124007
  18. **Kyoung H, Kim E, Cho JH, Lee H, Kim Y, Park KI, Kim HB, Song M. 2023.** Dietary yeast cell wall enhanced intestinal health of broiler chickens by modulating intestinal integrity, immune responses, and microbiota. *Poultry Sci* 102: 102660. doi: 10.1016/j.psj.2023.-102660
  19. **Liu WC, Ou BH, Liang ZL, Zhang R, Zhao ZH. 2021.** Algae-derived polysaccharides supplementation ameliorates heat stress-induced impairment of bursa of Fabricius via modulating NF- $\kappa$ B signaling pathway in broilers. *Poultry Sci* 100: 101139. doi: 10.1016/j.psj.2021.101139
  20. **Liu N, Wang JQ, Jia SC, Chen YK, Wang JP. 2018.** Effect of yeast cell wall on the growth performance and gut health of broilers challenged with aflatoxin B1 and necrotic enteritis. *Poultry Sci* 97: 477-484. doi: 10.3382/ps/pex342
  21. **Madej JP, Stefaniak T, Bednarczyk M. 2023.** Effect of *in ovo*-delivered prebiotics and synbiotics on lymphoid-organs' morphology in chickens. *Poultry Sci* 94: 1209-1219 doi: 10.3382/ps/pev076
  22. **Mahmoud U, Cheng H, Applegate T. 2016.** Functions of propolis as a natural feed additive in poultry. *World Poultry Sci* 72: 37-48. doi: 10.1017/S004393-3915002731
  23. **Meunier M, Chemaly M, Dory D. 2016.** DNA vaccination of poultry: the current status in 2015. *Vaccine* 34: 202-211. doi: 10.1016/j.vaccine.2015.-11.043
  24. **Rehman A, Arif, M, Sajjad N, Al-Ghadi MQ, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Alhimaidi AR, et al 2020.** Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. *Poultry Sci* 99: 6946-6953. doi: 10.1016/j.psj.2020.09.043
  25. **Sharma S, Kulkarni RR, Sharif S, Hassan H, Alizadeh M, Pratt S, Abdelaziz K. 2024.** *In ovo* feeding of probiotic lactobacilli differentially alters expression of genes involved in the development and immunological maturation of bursa of Fabricius in pre-hatched chicks. *Poultry Sci* 103: 103237. doi: 10.1016/j.psj.2023.103237
  26. **Talebi A, Amani A, Pourmahmod M, Saghaei P, Rezaie R. 2015.** Synbiotic enhances immune responses against infectious bronchitis, infectious bursal disease, Newcastle disease and avian influenza in broiler chickens. *Vet Res Forum* 6: 191-197.
  27. **Velleman SG. 2023.** Broiler breast muscle myopathies: association with satellite cells. *Poultry Sci* 102: 102917. doi: 10.1016/j.psj.2023.102917
  28. **Vinderola G, Sanders ME, Salminen S. 2022.** The concept of postbiotics. *Foods* 11: 1077. doi: 10.3390/foods110-81077

29. **Wang T, Cheng K, Yu CY, Li QM, Tong YC, Wang C, Yang ZB, Wang T. 2021.** Effects of a yeast-derived product on growth performance, antioxidant capacity, and immune function of broilers. *Poultry Sci* 100: 101343. doi: 10.1016/j.psj.2021.101343
30. **Zhang L, Wang Y, Jia H, Liu X, Zhang R, Guan J. 2023.** Transcriptome and metabolome analyses reveal the regulatory effects of compound probiotics on cecal metabolism in heat-stressed broilers. *Poultry Sci* 102: 102323. doi: 10.1016/j.psj.2022.102323
31. **Zhen W, Zhu T, Wang P, Guo F, Zhang K, Zhang T, Jalukar S, et al. 2023.** Effect of dietary *Saccharomyces*-derived prebiotic refined functional carbohydrates as antibiotic alternative on growth performance and intestinal health of broiler chickens reared in a commercial farm. *Poultry Sci* 102: 102671 doi: 10.1016/j.psj.2023.102671
32. **Zhou Y, Liu H, Zhang M. 2020.** Analysis of the metabolic pathways affected by hot-humid or dry climate based on fecal metabolomics coupled with serum metabolic changes in broiler chickens. *Poultry Sci* 99: 5526-5546. doi: 10.1016/j.psj.2020.07.039