



**Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas**  
**Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia**

**“EFECTO DE LAS CARBOHIDRASAS EN DIETAS A BASE DE MAÍZ Y  
SOYA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS Y PESO DE ÓRGANOS EN  
POLLOS DE ENGORDE”**

Tesis para optar el título profesional de:  
**MÉDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA**

**Presentado por:**  
Brenda Manrique Luna

**Asesora:**  
Connie Gallardo Vela

Lima, Perú  
2019

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Lima, 06 de diciembre de 2019

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: <b>MG. Lisania Melisa Fernández Curi</b>
Miembro: <b>MG. Carlos Alberto Caballero Montañez</b>
Miembro: <b>M.V. Rosario Teresa Ramírez Marina</b>

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**“EFECTO DE LAS CARBOHIDRASAS EN DIETAS A BASE DE MAÍZ Y SOYA SOBRE LOS ÍNDICES PRODUCTIVOS Y PESO DE ÓRGANOS EN POLLOS DE ENGORDE”**

Presentada por la Bachiller:

- **Manrique Luna Brenda**

Para optar al Título Profesional de **Médico Veterinario Zootecnista**

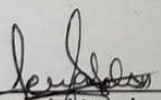
Asesorada por:


- **DRA. Connie Gallardo Vela**


Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de la estudiante en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

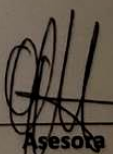
<b>Manrique Luna Brenda</b>			Nota (escrito): <b>DIECIOCHO</b>
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente del Jurado**  
**Lisania Melisa Fernández Curi**

  
\_\_\_\_\_  
**Miembro del Jurado**  
**Carlos Alberto Caballero Montañez**

  
\_\_\_\_\_  
**Miembro del Jurado**  
**Rosario Teresa Ramírez Marina**

  
\_\_\_\_\_  
**Asesora**  
**Connie Gallardo Vela**

**Efecto de las carbohidrasas en dietas a base de maíz y soya sobre los índices productivos  
y peso de órganos en pollos de engorde**

**Efect of carbohydrase on corn and soy based diets on productive parameters and organ  
weight in broilers**

Manrique, B.; Gallardo, C.\*

Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Científica del Sur, Lima 12, Lima,  
Perú

\*Autor correspondiente: Connie Gallardo, email: [cgallardov@cientifica.edu.pe](mailto:cgallardov@cientifica.edu.pe)

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de carbohidrasas sobre parámetros productivos y peso de órganos en dietas de pollos de engorde. Se utilizaron un total de 240 pollos (Cobb 500) de un día de edad, los cuales se dividieron en 3 tratamientos experimentales con 4 repeticiones por tratamiento y 20 aves por repetición, siendo los tratamientos, dieta basal sin enzimas; dieta basal con celulasa y dieta basal con xilanasas y beta-glucanasas. Se evaluó semanalmente ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y viabilidad. A los 14, 28 y 42 días de edad un ave de cada repetición fue sacrificada para evaluar peso relativo de los órganos. A los 42 días las aves suplementadas con celulasa ( $p < 0.05$ ) presentaron mayor peso final, en comparación con el grupo control, por el contrario, no se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre las aves alimentadas con celulasa y aquellas alimentadas con xilanasas +  $\beta$ -glucanasas. Además hubo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en ganancia de peso y conversión alimenticia a favor de las aves suplementadas con celulasa y xilanasas +  $\beta$ -glucanasas. Se encontraron variaciones en los pesos del proventrículo, molleja, intestino e hígado en los tratamientos suplementados con celulasa y xilanasas +  $\beta$ -glucanasas con respecto al grupo control. Finalmente, la inclusión de celulasa y xilanasas + beta-glucanasas mejora los parámetros productivos y reduce el peso del hígado y páncreas e incrementa el peso del intestino en los pollos de engorde.

**Palabras claves:** beta-glucanasas, celulasa, órganos, pollos de engorde, xilanasas

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of the inclusion of carbohydrases on productive parameters and organ weight in broiler diets. A total of 240 chickens (Cobb 500) of one day of age were used, which were divided into 3 experimental treatments with 4 repetitions per treatment and 20 birds per repetition, being the treatments, basal diet without enzymes; basal diet with cellulase and basal diet with xylanase and beta-glucanase. Weight gain, food consumption, food conversion index and viability were evaluated weekly. At 14, 28, and 42 days of age, a bird from each repetition was sacrificed to assess the relative weight of the organs. At 42 days the birds supplemented with cellulase ( $p < 0.05$ ) had a greater final weight, compared to the control group, on the contrary, no statistical differences ( $p > 0.05$ ) were observed between birds fed with cellulase and those fed with xylanase +  $\beta$ -glucanase. There was also a significant effect ( $p < 0.05$ ) on weight gain and feed conversion in favor of birds supplemented with cellulase and xylanase +  $\beta$ -glucanase. Variations in the weights of proventriculus, gizzard, intestine and liver were found in the treatments supplemented with cellulase and xylanase +  $\beta$ -glucanase with respect to the control group. Finally, the inclusion of cellulase and xylanase + beta-glucanase improves the productive parameters and reduces the weight of the liver and pancreas and increases the weight of the intestine in broilers.

**Keywords:** beta-glucanase, cellulase, organs, broilers, xylanase

## INTRODUCCIÓN

En la industria avícola el principal componente de los costos de producción es la alimentación. En el Perú, las dietas para pollos de engorde se basan principalmente en maíz y soya, siendo las raciones promedio de 60 y 40%, respectivamente. Sin embargo, debido a que estos insumos en su mayoría son importados, el precio de estos genera un incremento de los costos de producción y consecuentemente un aumento del precio de venta final de la carne de pollo.

Es necesario recalcar que será a partir de estos insumos que las aves obtendrán los nutrientes necesarios para su desarrollo durante todo el proceso productivo, sin embargo, no todo el contenido nutricional de ellos son aprovechados ya que alrededor del 15 a 25% de estos son indigestibles<sup>(1)</sup>. Las aves se caracterizan por poseer una digestión de tipo enzimática, y a diferencia de otros animales su digestión no inicia en la boca con la amilasa salival, si no a nivel del intestino por medio de la amilasa pancreática, permitiendo hidrolizar el almidón a unidades menores, y a enzimas de la mucosa intestinal, sin embargo, para que la degradación se de en su totalidad deben estar expuestos a la acción de estas por un tiempo determinado<sup>(2)</sup>, a esto se le suma la presencia de sustancias antinutricionales conocidos como polisacáridos no amiláceos (PNA) en el maíz y soya, que restringen la capacidad de aprovechamiento de los nutrientes, reduciendo el rendimiento del ave<sup>(3)</sup>. Debido a estas características los pollos son incapaces de degradar y aprovechar en su totalidad los nutrientes del maíz y la soya.

Los PNA son macromoléculas que están compuestas de polímeros de azúcares simples (monosacáridos) los cuales son resistentes a la hidrólisis en el tracto gastrointestinal en los pollos y cerdos<sup>(1)</sup>. Los PNA más conocidos son los arabinoxilanos presentes en su mayoría en el trigo, maíz y centeno, los beta-glucanos presentes en mayor cantidad en la cebada y avena, y en menor cantidad en otros insumos la pectina, beta galactósidos y beta galactomananos. Se

cree que los PNA aumentan la viscosidad intestinal y el tiempo de tránsito del alimento debido a que se da la interacción con las glicoproteínas de la superficie epitelial incrementando de esta manera la producción de mucinas. Por ello, se dificulta el tránsito del alimento a través del tracto gastrointestinal, como consecuencia no se da una adecuada difusión de enzimas endógenas y ni un correcto mezclado de la ingesta, generando así una deficiente digestión y absorción de nutrientes, pudiéndose observar problemas de camas húmedas, heces pastosas, y además una baja eficiencia alimenticia<sup>(4-7)</sup>. Por otro lado, también se cree que los PNA insolubles generan una barrera física que impide el paso de enzimas endógenas hacia los nutrientes como el almidón, proteína y grasa, quedando encapsulado dentro de las células, generando un retraso o reducción de la digestión de nutrientes en el intestino delgado lo que implica que una mayor cantidad de nutrientes sean eliminados en heces<sup>(4,6)</sup>.

Ante esto, la utilización de enzimas exógenas como las carbohidrasas a ido en aumento alrededor del mundo, encargándose de degradar los carbohidratos y la fibra en azúcares simples (monosacáridos). Las carbohidrasas se encuentra conformados principalmente por xilanasas y beta-glucanasas siendo sus sustratos los arabinoxilanos y beta glucanos, respectivamente, y además de celulasas, hemicelulasas, pectinasas y amilasas <sup>(1)</sup>.

Los xilanos están presenten en grandes cantidades a nivel de las paredes celulares en los tejidos vegetales. Al introducir xilanasas a las dietas se mejorará la conversión de los arabinoxilanos en componentes de menor peso molecular, generando así reducción de la viscosidad de la dieta y menor ocurrencia de algún tipo de trastorno digestivo<sup>(8)</sup>. Sin embargo, algunos autores indican que su uso único no produce grandes cambios en comparación a su uso en combinación con otras enzimas, ya que al suplementarlas en dietas a base de maíz y soya no observaron efectos positivos en cuanto a mejoras en el rendimiento de

carcasa y ganancia de peso<sup>(9)</sup>. Por otro lado, las beta-glucanasas actúan a nivel de los beta-glucanos presentes en la pared celular de los vegetales permitiendo incrementar la digestibilidad de ellos. Los beta-glucanos se caracterizan por generar en el ave heces de aspecto más líquido, produciendo camas húmedas y aumentando niveles de amoníaco en algunos casos. El uso de esta enzima se da en su mayoría en conjunto con la xilanasas y/o amilasa, en donde al suplementarse en dietas a base de centeno y salvado de soya mejoran la ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos de engorde en el periodo de 4 a 25 días<sup>(5)</sup>.

Por otro lado, el uso de enzimas exógenas podría generar una reducción del peso relativo de órganos tales como el hígado, bazo, páncreas e incluso del intestino, posiblemente se deba al incremento en la absorción de los nutrientes evitando un mayor trabajo de las enzimas endógenas y además se cree que el alimento mezclado con enzimas llega a estos órganos mucho más digerido, evitándose así un mayor esfuerzo en el trabajo de dichos órganos<sup>(10,12)</sup>. Por el contrario, en otros estudios se indicaron que el uso de enzimas no tenía efecto significativo sobre el peso de vísceras<sup>(1,11)</sup>.

Por lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de carbohidrasas en dietas de pollos de engorde sobre el desempeño productivo y peso de órganos digestivos comparado con pollos alimentados con dietas sin enzimas.



## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Experimental Avícola de la Universidad Científica del Sur. Todos los procedimientos y protocolos experimentales fueron aprobados por el Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA-2019) con código de registro 152-2019-PRE16.

### *Animales, diseño experimental y dietas*

De un total de 400 pollos de la línea Cobb 500, se seleccionaron aleatoriamente 240 pollos macho de un día de edad, con pesos promedios de  $43 \pm 3$  g. Estos fueron distribuidos en tres tratamientos experimentales bajo un diseño completamente al azar (DCA), cada tratamiento tuvo 4 repeticiones con 20 pollos por repetición. Los tratamientos experimentales fueron: Tratamiento 1 (control) - dieta basal sin enzimas, Tratamiento 2 - dieta basal con celulasa y Tratamiento 3 - dieta basal con xilanasa + beta-glucanasa. Cada tratamiento se dividió en 3 fases de crianza inicio (de 1 a 14 días), crecimiento (de 15 a 28 días) y acabado (de 29 a 42 días).

Los pollos se criaron en piso, con cama de viruta de madera, manteniendo condiciones de temperatura, humedad y programa de luz controlados durante todo el periodo experimental, siguiendo las recomendaciones de manejo de la línea genética.

Las dietas fueron formuladas de acuerdo a cada fase de crianza (inicio, crecimiento y acabado). Las dietas fueron formuladas a base de maíz y soya (Tabla 1), siguiendo las recomendaciones de Rostagno *et al.*<sup>(12)</sup> y la Guía de manejo de Cobb 500<sup>(13)</sup>, siendo éstas isoenergéticas e isocalóricas, con los niveles adecuados de vitaminas y minerales para cada

fase en estudio. La suplementación de las enzimas en la dieta basal fue *on top*, considerando las indicaciones del fabricante. El agua y el alimento fueron brindados *ad-libitum*.

#### *Enzimas exógenas*

Se utilizaron dos grupos de enzimas carbohidrasas que fueron obtenidas comercialmente (Laboratorio Biovet S.A), siendo las enzimas utilizadas la celulasa que consistió en una endo-1-4-beta-glucanasa y un complejo de xilanasa + beta-glucanasa [endo-1,4-beta-xilanasa (EC 3.2.1.8) y endo-1,3(4)-beta-glucanasa (EC 3.2.1.6)].

La enzima celulasa tuvo una actividad de 800 U/g, a dosis de 25 g/t, mientras que la enzima xilanasa y betaglucanasa tuvieron una actividad de 200,000 BXU/g, a dosis de 200 g/t. Las dosis utilizadas siguieron las especificaciones del fabricante. La actividad de las enzimas en la dieta fue garantizada por los análisis del Laboratorio Biovet S.A (Cataluña, España),

#### *Índices productivos*

Para determinar ganancia de peso se realizó un primer pesaje individual al momento de la recepción de los pollos al primer día de edad, y posteriormente a los 7, 14, 21, 28, 35, 42 días de edad, para el pesaje de las aves, los pollos tuvieron un ayuno de 4 horas previas al pesaje. El consumo de alimento también fue obtenido semanalmente considerando la cantidad de alimento ofrecido menos el alimento sobrante. Para determinar la viabilidad, diariamente se evaluó el número de aves muertas y por diferencia semanalmente se obtuvo la viabilidad de cada tratamiento.

A los 14, 28 y 42 días de edad se seleccionó un ave por cada repetición de manera aleatoria para su posterior sacrificio, con el fin de obtener los pesos absolutos del proventrículo, molleja, intestinos, bazo, páncreas e hígado. Previo al sacrificio, estos pollos fueron pesados individualmente y los datos recolectados y apuntados en tablas de registro, para obtener el

peso relativo de cada órgano, se realizó la relación entre el peso absoluto de cada órgano con respecto al peso total.

#### *Análisis estadísticos*

Los datos obtenidos fueron analizados usando el procedimiento GLM del software SAS 9.3 y fueron sometidos al análisis de homogeneidad de varianza por medio de la Prueba de Levene, y normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se usó el análisis de varianza (ANOVA) de una vía para datos con distribución normal, usando un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

Los datos del porcentaje de viabilidad y el peso relativo de los órganos fueron transformados previamente a valores arcoseno y posteriormente analizados estadísticamente.

## RESULTADOS

### *Índices productivos*

En la tabla 2 se observan los resultados de los índices productivos de los pollos de engorde alimentados con y sin enzimas. Los tratamientos tuvieron efectos significativos ( $p < 0.05$ ) en el peso final, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y viabilidad. Así, a los 42 días de edad las aves suplementadas con celulasa ( $p < 0.05$ ) presentaron mayor peso final, en comparación con las aves control, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ) entre las aves alimentadas con celulasa y aquellas alimentadas con xilanasas + beta-glucanasas.

En cuanto a la ganancia de peso, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos en las diferentes semanas de evaluación, sin embargo, al evaluar todo el periodo experimental de 0 a 42 días de edad, se aprecia que hubo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la ganancia de peso a favor de las aves suplementadas con celulasa seguidas de aquellas suplementadas con xilanasas + beta-glucanasas. En cada semana de evaluación no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en el consumo de alimento, sin embargo, al analizar el consumo de 1 a 42 días, las aves alimentadas con xilanasas + beta-glucanasas presentaron mayor consumo de alimento ( $p < 0.05$ ) en comparación con los pollos suplementados con celulasa y las aves control. En cuanto a la conversión alimenticia, a los 42 días de edad se observaron diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos, siendo las aves del grupo control las que presentaron mayor índice de conversión alimenticia en comparación con los otros tratamientos, siendo las aves suplementadas con celulasa, las que presentaron menor conversión alimenticia. En cuanto a la viabilidad, solo se observó efectos significativos ( $p < 0.05$ ) de los tratamientos de 21 a 28 días de edad, así las aves control y las aves suplementadas con celulasa presentaron mayor viabilidad, cuando comparadas con el grupo suplementado con xilanasas + beta-glucanasas.

### *Peso de órganos*

En la Tabla 3, se observan los pesos relativos de los diferentes órganos evaluados a los 14, 28 y 42 días de edad. A los 14 días de edad, hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos con respecto al peso relativo del proventrículo, molleja e intestino. El peso relativo del proventrículo fue significativamente menor ( $p < 0.05$ ) en el grupo de pollos alimentados con la dieta sin enzimas en comparación a aquellas que recibieron tanto celulasa como xilanasa + beta-glucanasa. En el caso de la molleja también se observa una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), donde el grupo control obtuvo un mayor peso relativo de la molleja. Mientras que, el peso del intestino fue mayor en aquellas aves suplementadas con celulasa, en comparación con los otros tratamientos. De 15 a 28 días edad hubo diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) en el peso del intestino, siendo las aves suplementadas con celulasa las que presentaron mayor peso de intestino, comparadas con los otros tratamientos.

Con respecto al peso relativo del hígado en la fase de 29 a 42 días, se observa una reducción del peso relativo del hígado en el grupo alimentados con la dieta con celulasa comparado al grupo control. No hubo diferencias significativas en los otros órganos.

## DISCUSIÓN

### *Índices productivos*

A los 42 días de edad, el peso vivo de las aves fue significativamente mayor en el grupo de pollos que consumieron la dieta suplementada con celulasa, comparado al grupo control y grupo de pollos que consumieron la dieta con xilanas + beta-glucanasa. Este mayor peso obtenido en las aves suplementadas con celulasa se podría explicar por una mayor disponibilidad de energía y nutrientes como consecuencia de la mayor efectividad de la enzima celulasa sobre la absorción de los nutrientes, lo cual se corrobora con la menor conversión alimenticia del grupo de aves suplementadas con celulasa (1.56) versus 1.62 y 1.60 lograda por el grupo control y el grupo con xilanas + beta-glucanasa respectivamente. Esta mayor efectividad de la enzima celulasa, desde el punto de vista comparativo, podría deberse a que las dietas maíz y soya, existe una mayor cantidad de celulosa aportada principalmente por la torta de soya, que según algunos autores estiman en un nivel de 8.32% de la materia seca, mientras que, el nivel de hemicelulosa es muy bajo<sup>(15)</sup>.

El maíz y la harina de soya tienen cantidades significativas de fibra, conteniendo el maíz aproximadamente de 12.3% de FDN y la soya 13.6%<sup>(13)</sup>. En estudios realizados por Aftab *et al.*<sup>(14)</sup> se indicó que existe una estrecha relación entre las ramificaciones de los PNA y otras moléculas, como la lignina y las proteínas, haciendo más difícil la asimilación. Así, la harina de soya tiene una alta cantidad de ramificaciones entre PNA y proteínas<sup>(16)</sup>, de este modo la inclusión de las carbohidrasas en las aves pudo favorecer la ruptura de la pared celular de la soya, haciendo que se liberen los nutrientes que estaban encapsulados, estos al ser liberados los nutrientes, hubo mayor y más rápida disponibilidad de sustratos para las enzimas endógenas, favoreciendo la absorción de los nutrientes<sup>(12,18)</sup>, lo que conllevó que las aves suplementadas con las enzimas tengan mayor peso final y mayor ganancia de peso en comparación con las aves control. Pinheiro *et al.*<sup>(17)</sup>, evaluaron la suplementación de celulasa

en dietas a base de maíz y soya en pollos de engorde de 1 a 42 días de edad, observando un mayor peso corporal para las aves que fueron suplementadas con las celulasas en comparación con las aves control, indicando, en este caso, una mejor eficiencia en el uso de nutrientes debido a la presencia de la enzima. Dos Santos<sup>(22)</sup>, evaluó el efecto de la suplementación de celulasa a diferentes dosis en dietas de pollos de engorde de 1 a 21 días de edad, observando menor consumo de alimento y mejor conversión alimenticia en las aves que fueron suplementadas con 1000g/t de celulasa en comparación con las aves control y con aquellas que recibieron 500g/t de celulasa. Sin embargo, no encontraron diferencias significativas en cuanto a ganancia de peso. Por otro lado, Tahir *et al.*<sup>(23)</sup> evaluaron el efecto sinérgico de la celulasa y hemicelulasa en dietas a base de maíz y soya en pollos de engorde de 15 a 27 días de edad, concluyendo al ser suplementadas tanto solas como en conjunto aumentaron significativamente la ganancia de peso de las aves, siendo el tratamiento con enzima mixta la que obtuvo una mayor ganancia de peso en comparación con los demás tratamientos.

Sin embargo, los trabajos realizados por Esonu *et al.*<sup>(24)</sup> con inclusión de celulasa en dietas que contenían maíz, soya y trigo para pollos de engorde a los 35 días de edad, encontraron que los pollos presentaron menor ganancia de peso y mayor consumo de alimento en comparación con las aves control. Los autores concluyeron que la enzima no mejoró la utilización de nutrientes.

Por otro lado, la viscosidad o la encapsulación son los principales efectos de los beta-glucanos y arabinoxilanos, así, ante su liberación al utilizar enzimas exógenas los sustratos quedan disponibles, favoreciendo el aprovechamiento de los nutrientes, lo cual se expresa en un mejor desempeño productivo<sup>(19)</sup>. Los resultados obtenidos en el presente estudio indicaron que al suplementar xilanasas y beta-glucanasas, se observaron mejorías en los índices productivos de los pollos comparados con el tratamiento control, del mismo modo Cowieson *et al.*<sup>(24)</sup> en un estudio donde evaluaron la suplementación de xilanasas y beta-glucanasas

individualmente y en combinación a diferentes dosis, encontraron que existen mejorías en cuanto a los índices de conversión alimenticia y digestibilidad ileal de nutrientes en las aves al agregar simultáneamente ambas enzimas. Resaltando que individualmente las enzimas mejoraron tanto el índice de conversión alimenticia como la digestibilidad ileal de nutrientes pero en mucho menor proporción. Por el contrario, Yu y Chung<sup>(20)</sup> analizaron la adición de amilasa, xilanasas y beta-glucanasas en dietas con reducciones de 3% de energía metabolizable, encontrando que no hubo diferencias estadísticas en el rendimiento productivo de las aves alimentadas con las enzimas y aquellas sin enzimas.

#### *Peso de órganos*

El menor peso relativo del proventrículo observado en la fase inicial podría explicarse parcialmente por una menor actividad fisiológica del proventrículo de pollos del grupo control, para secretar enzimas, según algunos autores<sup>(21)</sup> la producción de enzimas endógenas en pollos jóvenes es baja, por lo que la acción de enzimas exógenas en esta etapa influenciarán marcadamente sobre digestibilidad y posiblemente sobre peso de órganos. En el caso de la molleja donde el grupo control obtuvo un mayor peso relativo, puede ser debido a los niveles de fibra sin degradar, ya que los otros 2 grupos con enzimas tuvieron una reducción del peso relativo como consecuencia de mayor degradación de la fibra, tipo celulosa. Esto contrasta con los resultados obtenidos por Dos Santos<sup>(22)</sup>, el cual indicó que al adicionar celulosa a dosis de 500 g/t y 1000 g/t, no se encontraron diferencias significativas en el peso relativo del proventrículo, molleja y páncreas.

Mientras que, el mayor peso del intestino observado en las aves suplementadas con celulosa puede deberse a que hubo un mayor crecimiento de vellosidades intestinales, esto pudo favorecer a una mayor absorción de nutrientes lo cual se vio reflejado en la mayor ganancia de peso y menor conversión alimenticia, sin embargo, en este estudio no se realizó la



evaluación histológica de las vellosidades intestinales, resultados similares fueron encontrados por Gracia *et al.*<sup>(26)</sup> donde al suplementar enzimas exógenas observó un mayor peso relativos de los intestinos, encontrando un mayor tamaño de vellosidades.

Con respecto al peso relativo del hígado en la fase de 29 a 42 días, se observó una reducción del peso relativo del hígado en el grupo alimentado con la dieta con celulosa comparado al grupo control, así, la celulosa pudo haber desintegrado los factores antinutricionales que se encuentran en la fibra de la dieta reduciendo la sobrecarga hepática y consecuentemente reduciendo la inflamación y peso del hígado. Por su parte, Tahir *et al.*<sup>(23)</sup> hallaron que el peso relativo del hígado no se vio afectado por las enzimas celulosa y/o hemicelulosa usadas en dietas a base de maíz y soya. Caso contrario con lo encontrado por Brenes *et al.*<sup>(10)</sup>, donde observó que el uso de enzimas exógenas genera una reducción del peso relativo de órganos tales como el hígado, bazo, páncreas e incluso del intestino, en comparación por pollos alimentados sin enzimas. El peso relativo del intestino lo asoció con una reducción de la viscosidad producida por las enzimas y por ende mejor aprovechamiento de nutrientes por parte de las enzimas endógenas.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La suplementación de carbohidrasas, en especial de la celulasa en dietas a base de maíz y soya en pollos de engorde, incrementa la ganancia de peso, disminuye el consumo de alimento y mejora el índice de conversión alimenticia, además, produce un efecto significativo sobre el peso del hígado e intestino, en comparación con aquellos que no son alimentados con enzimas exógenas.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue financiada por el Laboratorio Biovet S.A, España. Los autores agradecen a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Científica del Sur por brindar las instalaciones de la Unidad Experimental de Aves para realizar el estudio.

**LITERATURA CITADA**

1. Bedford M, Partridge G. Enzymes in farm animal nutrition. 2da ed. UK: Cabi; 2010.
2. Magalhães C. Exoenzimas em rações de frangos de corte. [tesis pós graduação]. Minas Gerais, Brasil: Universidade Federal De Uberlândia; 2016.
3. Camiruaga M., García F, Elera R, Simonetti C. Respuesta productiva de pollos broilers a la adición de enzimas exógenas a dietas basadas en maíz o triticale. Cien e Inv Agr 2001;28(1): 23-36.
4. Fernández I, González D. Polisacáridos no amiláceos y complejos multienzimáticos: cómo mejorar el valor nutricional del pienso. Selecciones Avícolas. 2011: 19-22.
5. Gracia MI, Aranibar MJ, Lazaro R, Medel P, Mateos G. Alpha-amylase supplementation of broiler diets based on corn. Poult Sci 2003;(82): 436-442.
6. Duarte BR. Utilização de carboidrases em rações de frangos de corte. [tesis doutorado]. Goiânia, Brasil: Universidade Federal de Goiás; 2011.
7. Quispe V. Efecto de tres promotores de crecimiento sobre los parámetros productivos en pollos de engorde desafiados experimentalmente con *Clostridium perfringens*. [tesis de pregrado]. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014.
8. Montes da Silva D, *et al.* Carboidrases em rações de frangos de corte: Revisão. Pub Vet 2016;10(11): 861 – 872.
9. Singh A, O'Neill HVM, Ghosh TK, Bedford MR, Haldar S. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize–soybean based diets. Anim Feed Sci Tech 2012;(177):194-203.

10. Brenes A, Marquardt R, Guenter W, Rotter B. Effect of enzyme on the nutritional value of raw, autoclaved, and dehulled lupins (*Lupinus albus*) in chicken diets. *Poult Sci* 1993;(72): 2281-2293.
11. Wang J, Zhang Z, Yan L, Kim I. Effects of dietary supplementation of emulsifier and carbohydrase on the growth performance, serum cholesterol and breast meat fatty acids profile of broilers. *Anim Sci Jour* 2016;(87): 250 – 256.
12. Gallardo C, Dadalt JC, Trindade Neto MA. Carbohydrases and phytase with rice bran, effects on amino acid digestibility and energy use in broiler chickens. *Anim* 2019;1-9.
13. Rostagno HS, *et al.* Tablas brasileñas para aves y cerdos: Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 4a ed., Viçosa, Brasil: Universidad Federal de Viçosa; 2017.
14. Coob-Vantress. Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde 2018:1-14.
15. Aftab U, Ashraf M, Jiang Z. Low protein diets for broilers. *Worl Poult Sci Jour* 2006;(62): 688-701.
16. Chesson A. Non-starch polysaccharide degrading enzymes in poultry diets: influence of ingredients on the selection of activities. *Worl Poult Sci Jour* 2001;(57): 251-263.
17. Pinheiro DF, Cruz VC, Paulino ML. Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers. *Poult Sci* 2004;(83):1544-1550.
18. Gallardo C, Dadalt JC, Trindade MA. Nitrogen retention, energy, and amino acid digestibility of wheat bran, without or with multicarbohydrase and phytase supplementation, fed to broiler chickens. *J Anim Sci* 2018;(96):2371-2379.

19. Tachibana L, Pinto LGQ, Gonçalves GS, Pezzato LE. Xilanase e  $\beta$ -glucanase na digestibilidade aparente de nutrientes do triticale pela Tilápia-do-nilo. Arq Br Med Vet e Zoo 2010;(62):445-452.
20. Yu B, Chung TK. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. J Appl Poult Res 2004;(13):178-182.
21. Soto SM, Wyatt LC. Uso de enzimas para la mejora de dietas avícolas. M Ganad 1997;(93): 34-40.
22. Dos Santos F. Celulase em rações para frangos de corte de um a 21 dias de idade. [tesis pós graduação]. Rio Verde, Brasil: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano; 2014.
23. Tahir M, Saleh F, Ohtsuka A, Hayashi K. Synergistic effect of cellulase and hemicellulase on nutrient utilization and performance in broilers fed a corn–soybean meal diet. Anim Sci Jour 2005;(76): 559-565.
24. Esonu BO, *et al.* Effect of enzyme supplementation on the performance of broiler finisher fed *Microdesmis puberula* leaf meal. Int J Poult Sci 2004;3(2): 112-114.
25. Cowieson AJ, Bedford MR, Ravindran V. Interactions between xylanase and glucanase in maize-soy-based diets for broilers. Brit Poult Sci 2010;51(2): 246-257.
26. Gracia MI, La Torre MA, Garcia M, Lazaro R, Mateos GG. Procesamiento de calor de la cebada y suplementación de enzimas en dietas para pollos de engorde. Poult Sci 2003;(82):1281-1291.

## CUADROS Y TABLAS

**Tabla 1.** Dietas basales utilizadas en pollos de engorde en diferentes fases de evaluación<sup>1</sup>

Ingredientes	Inicio 1 a 14 días	Crecimiento 15 a 28 días	Acabado 29 a 42 días
Maíz	58.951	61.050	62.320
Harina de soya	29.691	21.961	16.225
Soya integral	5.030	10.171	11.939
Subproducto de trigo	0.670	1.220	2.997
Aceite de soya	1.000	1.202	1.800
Fosfato dicálcico	1.990	1.875	1.616
Carbonato de calcio	1.035	0.970	0.918
Sal común	0.282	0.282	0.281
Bicarbonato de sodio	0.200	0.200	0.200
Metinionina	0.350	0.323	0.306
L-Lisina	0.295	0.279	0.265
L-Treonina	0.129	0.074	0.053
Valina	0.036	0.057	0.029
Secuestrante micotoxinas	0.100	0.100	0.100
Premix vit. + min. <sup>2</sup>	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina, 60%	0.092	0.087	0.802
Coccidiostato	0.050	0.050	0.050
<b>Composición nutricional calculada</b>			
Energía Metabolizable (kcal/kg)	3000	3100	3150
Proteína bruta (%)	21.091	19.622	18.201
Fibra bruta (%)	2.612	2.552	2.692
FDN <sup>3</sup> (%)	13.161	13.041	13.810
FDA <sup>4</sup> (%)	4.771	4.710	4.891
Extracto etéreo (%)	5.053	6.081	7.010
Fósforo total (%)	0.710	0.673	0.631
Fósforo disponible (%)	0.451	0.421	0.382
Calcio (%)	0.900	0.840	0.760
Cloro (%)	0.310	0.300	0.300
Sodio (%)	0.180	0.180	0.180
Potasio (%)	0.831	0.780	0.750

<sup>1</sup>Tratamientos: dieta basal-control, dieta basal + Celulasa, con actividad de 800 U/g, a dosis de 25 g/t; dieta basal + xilanasas + beta-glucanasas con actividad de 200,000 BXU/g, a dosis de 200 g/t.

<sup>2</sup>Premix vitamina y minerales: Ácido fólico 100 0000 mg/kg, Ac. Pantoténico 1620 mg/kg, Biotina 6100 mg/kg, Cobre 1220 0000 mg/kg, Colina 60 g/kg, Hierro 10.2 g/kg, Yodo 243 mg/kg, mn 12.6 g/kg, Niacina 5000 mg/kg, Selenio 70 mg/kg, Vit. A 1.290,000 ui/kg, Vit. B1 410000 mg/kg, Vit. B12 1.730,00 mcg/kg, Vit. B2 800 mg/kg, Vit. B6 400,000 mg/kg, Vit. D3 350.000,00 UI/kg, Vit E 2.500 mg/kg, Vit. K 300,000 mg/kg, Zinc 12630 g/kg.

<sup>3</sup>FDN: Fibra Detergente Neutro

<sup>4</sup>FDA: Fibra Detergente Ácido

**Tabla 2.** Promedios de ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y viabilidad en pollos de engorde suplementados con celulasa y xilanasa + beta-glucanasa

Días	Tratamientos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	Control	Celulasa	xilanasa + $\beta$ -glucanasa		
<b>Peso de las aves (g)</b>					
1	43.71	43.11	43.19	0.27	0.203
7	191.06	187.57	190.66	1.56	0.124
14	497.58	494.55	498.83	5.40	0.052
21	990.1	994.17	990.67	8.67	0.112
28	1632.6	1683.98	1678.32	12.37	0.215
35	2358.54 <sup>b</sup>	2431.31 <sup>a</sup>	2408.82 <sup>a</sup>	17.80	0.032
42	3293.49 <sup>b</sup>	3406.02 <sup>a</sup>	3355.44 <sup>ab</sup>	20.41	0.016
<b>Ganancia de peso (g/ave)</b>					
1 - 7	147.35	144.46	147.47	1.39	0.141
7 - 14	306.52	306.98	308.17	8.69	0.103
15 - 21	492.52	499.62	491.84	10.06	0.124
22 - 28	642.50	689.81	687.65	16.07	0.073
29 - 35	725.94	747.33	730.50	12.11	0.124
36 - 42	934.95	974.71	946.62	14.47	0.093
1 - 42	3249.78 <sup>b</sup>	3362.91 <sup>a</sup>	3312.25 <sup>a</sup>	22.14	0.012
<b>Consumo de alimento (g)</b>					
1 - 7	153.86	152.56	155.41	2.16	0.271
7 - 14	423.33	416.17	448.11	6.69	0.119
15 - 21	724.11	711.48	715.19	7.56	0.238
22 - 28	1032.46	1065.84	1071.95	11.57	0.234
29 - 35	1301.12	1283.87	1292.30	19.38	0.052
36 - 42	1617.15	1631.06	1629.16	23.12	0.132
1 - 42	5252.04 <sup>b</sup>	5260.97 <sup>b</sup>	5312.12 <sup>a</sup>	36.37	0.009
<b>Índice de conversión alimenticia (g/g)</b>					
1 - 7	1.04	1.06	1.05	0.025	0.104
7 - 14	1.38	1.36	1.45	0.14	0.225
15 - 21	1.47	1.42	1.45	0.21	0.231
22 - 28	1.61 <sup>b</sup>	1.55 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	0.32	0.018
29 - 35	1.79	1.72	1.77	0.33	0.057
36 - 42	1.73 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b</sup>	1.72 <sup>a</sup>	0.27	0.012
1 - 42	1.62 <sup>a</sup>	1.56 <sup>b</sup>	1.60 <sup>ab</sup>	0.28	0.044
<b>Viabilidad (%)</b>					
1 - 7	98.61	98.61	97.22	1.66	0.296
7 - 14	98.59	98.59	97.14	1.67	0.245
14 - 21	98.57	98.57	97.05	1.58	0.085
21 - 28	100.00 <sup>a</sup>	100.00 <sup>a</sup>	98.55 <sup>b</sup>	1.62	0.046
28 - 35	98.57	98.57	96.97	1.94	0.083
35 - 42	98.55	98.55	98.50	0.98	0.133
1 - 42	98.82	98.82	97.57	0.87	0.102

<sup>1</sup>Tratamientos: control; dieta basal sin enzimas, celulasa, dieta basal + celulasa con actividad de 800 U/g, a dosis de 25 g/t; Xilanasa + beta-glucanasa, dieta basal + xilanasa + beta-glucanasa con actividad de 200,000 BXU/g, a dosis de 200 g/t.

<sup>2</sup>EPM: Error padrón de la media

<sup>a,b</sup> Valores con letras distintas en la misma fila indican que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a la prueba de DLS.

**Tabla 3.** Promedios relativos de órganos con respecto al peso corporal en pollos de engorde suplementados con celulasa y xilanas + beta-glucanasa

	Tratamientos <sup>1</sup>			EPM <sup>2</sup>	P-Valor
	Control	Celulasa	xilanas + β-glucanasa		
<b>Fase de inicio (1 - 14 d)</b>					
Peso de ave (g)	425.00	469.25	462.75	16.15	0.206
Proventrículo (%)	0.49 <sup>b</sup>	0.58 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	0.12	0.005
Molleja (%)	2.89 <sup>a</sup>	2.77 <sup>ab</sup>	2.59 <sup>b</sup>	0.72	0.013
Bazo (%)	0.09 <sup>b</sup>	0.12 <sup>a</sup>	0.12 <sup>a</sup>	1.35	0.021
Hígado (%)	3.82	3.54	3.35	0.69	0.101
Pancreas (%)	0.55	0.50	0.52	0.20	0.225
Intestino (%)	8.22 <sup>b</sup>	9.12 <sup>a</sup>	8.16 <sup>b</sup>	0.44	0.012
<b>Fase de crecimiento (15 - 28 d)</b>					
Peso de ave (g)	1616.67	1656.67	1690.00	19.98	0.154
Proventrículo (%)	0.46	0.42	0.45	0.02	0.106
Molleja (%)	1.84	1.83	1.80	0.13	0.227
Bazo (%)	0.09	0.10	0.10	0.03	0.173
Hígado (%)	2.52	2.33	2.37	0.08	0.098
Páncreas (%)	0.28	0.28	0.27	0.01	0.132
Intestino (%)	5.86 <sup>b</sup>	6.26 <sup>a</sup>	6.05 <sup>b</sup>	0.26	0.031
<b>Fase de acabado (29 a 42)</b>					
Peso de ave (g)	3202.00 <sup>b</sup>	3325.25 <sup>a</sup>	3246.67 <sup>b</sup>	32.21	0.012
Proventrículo (%)	0.38	0.30	0.33	0.03	0.053
Molleja (%)	1.52	1.50	1.49	0.13	0.089
Bazo (%)	0.11	0.12	0.11	0.01	0.242
Hígado (%)	2.56 <sup>a</sup>	2.04 <sup>c</sup>	2.36 <sup>b</sup>	0.22	0.009
Páncreas (%)	0.21	0.19	0.21	0.01	0.214
Intestino (%)	3.18	3.59	3.61	0.18	0.052

<sup>1</sup>Tratamientos: control; dieta basal sin enzimas, celulasa, dieta basal + celulasa con actividad de 800 U/g, a dosis de 25 g/t; Xilanas + beta-glucanasa, dieta basal + xilanas + beta-glucanasa con actividad de 200,000 BXU/g, a dosis de 200 g/t.

<sup>2</sup>EPM: Error padrón de la media

<sup>a,b,c</sup> Valores con letras distintas en la misma fila indican que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a la prueba de DLS.