

Reducción de costos en la dieta de gallinas ponedoras con subproductos de arroz usando enzimas exógenas

Feed cost reduction in layer hens with rice by-products using exogenous enzymes

Cindy Yoplac-Collantes¹ , Yoany Diana Leiva-Villanueva¹  y Segundo José Zamora-Huamán^{1*} 

¹Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Amazonas, Perú.
Correo electrónico: jose.zamora@untrm.edu.pe

RESUMEN

La utilización de insumos en la industria avícola como maíz y soya están cada vez más escasos y costosos. Para ser más eficientes, es necesario aprovechar los subproductos locales en las dietas de los animales. En tal sentido, se evaluó el efecto de utilizar diferentes niveles de polvillo de arroz (PA) y arroz quebrado (AQ) en la dieta de gallinas ponedoras Lohmann Brown – Classic: Dieta control (DC, en base a maíz y soya), Tratamiento 1 (T1) (50 gramos (g)/kilogramos (kg) PA y 150 g·kg⁻¹ AQ), Tratamiento 2 (T2) (50 g·kg⁻¹ PA y 300 g·kg⁻¹ AQ), Tratamiento 3 (T3) (100 g·kg⁻¹ PA y 150 g·kg⁻¹ AQ), Tratamiento 4 (T4) (100 g·kg⁻¹ PA y 300 g·kg⁻¹ AQ) con el uso de enzimas exógenas, en los parámetros productivos, calidad de huevo y evaluación económica. El uso de PA + AQ incrementó de manera significativa (P<0,05) el consumo de alimento, postura y masa de huevo, sin embargo, el color de yema se redujo con el uso de PA y AQ. La evaluación económica demostró que en el T4 (10 % PA + 30 % AQ) se redujo el costo promedio por kg de huevo, aunque con un mayor consumo de alimento, se logró un menor costo promedio por alimento y por ello un mayor margen bruto promedio de 33,55 % en T4 comparado con la DC. Se puede concluir que el uso de subproductos de arroz (PA + AQ) con el uso de enzimas exógenas mejoran los índices productivos e índices económicos en la dieta de gallinas ponedoras.

Palabras clave: Polvillo de arroz; arroz quebrado; parámetros productivos; calidad de huevo; evaluación económica

ABSTRACT

In the present research was evaluated the effect of replacement the diet of Lohmann Brown - Classic laying hens with different levels of rice bran (RB) and broken rice (BR): Control diet (CD, based on corn and soy), Treatment 1 (T1) (50 grams (g) / kilograms (kg) RB and 150 g·kg⁻¹ BR), Treatment 2 (T2) (50 g·kg⁻¹ RB and 300 g·kg⁻¹ BR), Treatment 3 (T3) (100 g·kg⁻¹ RB and 150 g·kg⁻¹ BR), Treatment 4 (T4) (100 g·kg⁻¹ RB and 300 g·kg⁻¹ BR) with the use of exogenous enzymes in the productive parameters, egg quality and economic evaluation. The use of RB + BR significantly increased (P<0.05) the consumption of feed, laying and egg mass, however, the yolk color was reduced with the use of RB and BR. The economic evaluation showed that in T4 (10 % RB + 30 % BR) the average cost per kg of egg was reduced, although with higher feed consumption, a lower average cost per feed was achieved and therefore a higher gross margin average with 33.55 % in T4 compared to CD. It can be concluded that the use of rice by-products (RB + BR) with the use of exogenous enzymes, improve the productive and economic indices in laying hens diets.

Key words: Rice bran; broken rice; productive parameters; egg quality; economic evaluation

INTRODUCCIÓN

El alimento es un factor muy importante en la industria animal y constituye más del 65 % de costos de producción en la avicultura industrial [44]. El incremento en el costo de los cereales ha impuesto un gran desafío en la viabilidad económica del sector avícola [35]. El maíz (*Zea mays*) tiende a ser más escaso para uso en las dietas de animales, debido a que compite con el alimento del ser humano, así como para la elaboración de biodiesel y en la industria cervecera [26]. Con el aumento en la demanda de productos pecuarios y como resultado del rápido crecimiento en la economía mundial, las esperanzas futuras de alimentar animales y salvaguardar su seguridad alimentaria dependerá de la mejor utilización de otros recursos alimenticios que no compitan con la alimentación de los seres humanos [25]. El uso de recursos locales deben ser explorados para desarrollar la producción de alimentos balanceados [39].

En el proceso de limpieza del arroz (*Oryza sativa*) blanco (endospermo) se generan los subproductos como el AQ, mezcla del proceso de selección de grano entero [40] y el PA, formado por las capas externas del grano de arroz (pericarpio y tegmen), usados como insumos alternativos ante el elevado precio del maíz [6, 14, 26]. El AQ posee valores nutritivos similares de energía y proteína al maíz [10, 17, 47], mientras que el PA tiene restricciones de uso por el alto contenido de grasa, fibra cruda, principalmente polisacáridos no amiláceos (PNA), ácidos grasos insaturados (AGI) y fósforo fítico (no aprovechable)[28].

Una fuente apropiada de fibra en la dieta de aves mejora considerablemente la salud gastrointestinal y de la microbiota [24]. Por otro lado, el exceso de fibra es perjudicial, debido a la falta de enzimas carbohidrasas endógenas [4]. Para maximizar la utilización de fibra, la industria de alimentos balanceados agrega enzimas carbohidrasas exógenas a la dieta, cuya función es despolimerizar parcialmente los polisacáridos solubles sin almidón. Otra enzima es la fitasa, cuya función es liberar el grupo fosfato de la molécula del fitato y mejorar el aprovechamiento de nutrientes como minerales, proteínas y aminoácidos [1, 9, 20], mejorando la eficiencia económica en la industria avícola [13]. Sin embargo, todavía no queda muy claro el uso de enzimas exógenas como fitasas y xilanasas relacionado con el consumo de subproductos del arroz [23, 45]. Por ello, la presente investigación planteó la evaluación del desempeño productivo, la calidad de huevo y eficiencia económica, al utilizar varios niveles de subproductos de arroz con el uso de enzimas exógenas en la alimentación de gallinas (*Gallus gallus domesticus*) ponedoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aves, diseño experimental y análisis químico

El experimento se realizó en la Estación Experimental y laboratorio de Nutrición y Bromatología de alimentos del Instituto de Investigación en Ganadería y Biotecnología (IGBI) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), Región Amazonas, Perú.

Un total de 80 gallinas Lohmann Brown – Classic fueron asignadas al azar y alimentadas desde la 58 hasta la 65 semanas (sem) de edad, distribuidas en 5 tratamientos incluyendo la dieta control (DC), con 4 repeticiones (4 gallinas por repetición), con diferentes niveles de PA y AQ: DC, en base a maíz y soya

(*Glycine max*), Tratamiento 1 (T1) que corresponde a 50 g·kg⁻¹ PA y 150 g·kg⁻¹ AQ, Tratamiento 2 (T2) que se compone de 50 g·kg⁻¹ PA y 300 g·kg⁻¹ AQ, Tratamiento 3 (T3) que se relaciona con 100 g·kg⁻¹ PA y 150 g·kg⁻¹ AQ, Tratamiento 4 (T4) compuesto de 100 g·kg⁻¹ PA y 300 g·kg⁻¹ AQ.

Todos los tratamientos menos la DC fueron suplementados con las enzimas: Econase XT 25P (AB Vista, Marlborough, Reino Unido), una 1,4-β endoxilanasas del grupo de las glucohidrolasas, procedente de *Trichoderma reesei*, en una dosis de 0,1 g·kg⁻¹ de alimento (16,000 Birch Xylan Units (BXU)·g⁻¹) y la enzima de nombre comercial Quantum blue 5G (AB Vista, Marlborough, Reino Unido), fitasa procedente de *Escherichia coli*, en dosis de 0,1 g·kg⁻¹ de alimento (500 Phytase Units (FTU)·kg⁻¹) como recomendación del producto (TABLA I).

Se elaboraron dietas isoproteicas e isoenergéticas y fueron formuladas usando la herramienta Solver® de la hoja de cálculo de Microsoft Excel®, con base en las necesidades nutricionales recomendadas por National Research Council [27] y Rostagno y col. [33]. Cada jaula de tres pisos (acero galvanizado), modelo piramidal, fue adquirida de la empresa Prodac (fabricación Perú) con dimensiones de 0,60 metros (m) largo x 0,51 m ancho x 0,37 m altura, provista de bebederos tipo niple (fabricación China) para agua con suministro de manera libre (*ad libitum*), comedero manual galvanizado de tipo lineal. Los pesos promedios de las aves fueron 1,89 ± 0,14 kg, con temperaturas mínima y máxima de 12,52 ± 2,50°C y 24,20 ± 1,52°C, respectivamente. La humedad relativa estuvo en el rango de 54 a 78 %. Las horas (h) de luz fueron mantenidas en 19 h (7 h de luz artificial).

Se realizó el análisis químico proximal por triplicado del PA y AQ en base a Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [5] para cenizas (923,03), proteína bruta (PB; 920,87), extracto etéreo (EE; 920,39), fibra cruda (FC; 962,09) y la energía bruta (EB) fue calculada con base en lo propuesto por Shin y col. [36].

Parámetros productivos y de calidad del huevo

Los parámetros productivos y de calidad de huevo se evaluaron de manera semanal y de la siguiente manera: El consumo de alimentos (g·gallina·día⁻¹ (d)), producción de huevos (%), masa de huevo (producción x peso huevo), eficiencia alimenticia por masa de huevo (consumo de alimento/masa de huevo, kg·kg⁻¹) [21]. En calidad de huevo se evaluó: peso de huevo (g), color de yema mediante el uso del abanico de color Yolkfan™ (DSM Nutritional Products Europe, Suiza), que mide desde el valor 1 para amarillo claro, hasta el valor 15 para color naranja. Para medir el espesor de cáscara, se calculó tomando el promedio de tres puntos de la región ecuatorial y utilizando un micrómetro de precisión (Marca y fabricante Baxlo, Modelo 3001DIG, España) [16].

Evaluación económica

El promedio de precios de los insumos usados (maíz y soya) así como el precio por kg de huevo fresco en el año 2017 fueron tomados de Agrodaperu.com [22] y del Instituto Nacional de Estadística e Informática [15]. Otros costos de insumos en la dieta fueron recogidos de las principales distribuidoras en la ciudad de Lima. El promedio de precios de los ingredientes se usó para realizar el cálculo del costo de las dietas experimentales. Los costos de producción por kg de huevo fueron calculados usando

TABLA I
Composición de las dietas experimentales

Ingredientes (%)	Dietas (Kg)				
	DC	T1	T2	T3	T4
Maíz amarillo	50,63	38,11	22,59	33,26	18,76
Torta de soya	24,05	21,4	21,3	20,91	20,65
Afrecho de trigo	10	10	10	10	10
Polvillo de arroz	0	5	5	10	10
Arroz quebrado	0	15	30	15	30
Aceite soya	4	0,12	0	0,47	0
Carbonato de calcio	9,13	9,31	10,05	9,33	9,58
Fosfato dicálcico	1,34	0,44	0,44	0,4	0,39
Sal común	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Pre mezcla ¹	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
DL Metionina	0,33	0,08	0,08	0,09	0,08
Cloruro de colina 60 %	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Enzima fitasa ²	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Enzima xilanasa ³	0	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100	100	100	100	100
Composición calculada (%)					
Proteína cruda	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
EM ⁴ (Mcal·kg ⁻¹)	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Fibra bruta	2,99	3,04	2,76	3,28	3,02
Calcio	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Fosforo disponible	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Sodio	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Metionina digestible	0,55	0,4	0,4	0,4	0,4
Lisina digestible	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
M + C ⁵ digestible	0,78	0,58	0,58	0,58	0,58
Triptófano	0,2	0,2	0,22	0,2	0,2
Treonina	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Arginina	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Isoleucina	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

¹Por kg de alimento: 10⁴ Unidades Internacionales (UI) Vitamina A; 2500 UI vitamina D₃; 15 mg vitamina E; 3 mg vitamina K₃; 1 mg Vitamina B₁; 4 mg Vitamina B₂; 3 mg Vitamina B₆; 15 mcg vitamina B₁₂; 8 mg Ácido Pantoténico (Vit. B₅); 0,5 mg Ácido Fólico (Vit. B₉); 30 mg Ácido Nicotínico (Vit. B₃); 25 mcg biotina (Vit. B₇); 7 mg colina; 5 mg cobre; 25 mg hierro; 60 mg manganeso; 0,2 mg selenio; 0,5 mg yodo; 60 mg zinc; 1,3 g metionina. ²Enzima fitasa: Quantum blue (500 FTU·kg⁻¹); ³Enzima xilanasa: Econase XT 25P (16,000 BXU·g⁻¹); ⁴EM: energía metabolizable; ⁵M + C: metionina más cisteína.

la data de eficiencia alimenticia multiplicado por el costo promedio del alimento. El promedio de huevos producidos (kg) durante las 8 sem fue utilizado para el cálculo del ingreso bruto. El promedio total de alimento consumido por tratamiento fue multiplicado por el costo de alimento para obtener el costo promedio de alimentación por tratamiento [21]. El margen de ganancia (beneficio) se obtuvo restando los ingresos brutos menos el costo de alimento por tratamiento. Los otros costos (energía, mano de obra, entre otros, fueron equivalentes entre todos los tratamientos) por ello no fueron considerados. Todos los cálculos se hicieron en base a la moneda peruana (SOL). Los resultados fueron convertidos hacia el dólar americano (USD), considerando una tasa de cambio de USD 1,00 = SOL 3,41 (Marzo 2016).

Análisis estadístico

Los parámetros productivos y de calidad de huevo fueron evaluados para normalidad y homocedasticidad. Las variables que satisfacen estos supuestos fueron analizadas a través del Modelo Lineal General mediante el análisis de variancia (ANAVA). Las variables que no cumplen con distribución normal fueron sometidas a la prueba de Kruskal-Wallis. Para comparaciones de medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey; con un nivel de significancia del 0,05. Para el procesamiento de datos, se utilizó el software estadístico Statistix versión 8 [38].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico de los subproductos de arroz

Se encontró mayores valores de grasa, proteína, cenizas y de fibra cruda en el PA comparado con el AQ, debido a la composición predominante de germen, tegmen y pericarpio del grano, mientras que en el AQ predominan los almidones [26]. El PA en promedio tiene 16,33 % ± 0,71 para EE, similar a lo reportado por Zhang y col. [46] quienes obtuvieron 16,58 %, pero menores (18,88 %) a lo reportado por Casas y col. [7]. Por otro lado, se obtuvo un valor promedio de 2,88 % ± 0,88 en EE para AQ, superior a lo obtenido por Almarza [2], quien reportó valores en el rango de 0,3 - 0,5 %, mientras que Zhang y col. [46] reportaron valores de 2,21 % de EE, superiores a lo reportado en la presente investigación (TABLA II).

Del mismo modo, valores inferiores para fibra cruda (FC) y proteína cruda (PC) se encontraron en el PA (7,1 % ± 1,05 y 13,17 ± 0,49), que no coinciden con lo reportado por Rezaei [32], quien señaló valores de 29,06 y 8,91 % para FC y PC, respectivamente. Coincide con Zhang y col. [46] y la Food and Agriculture Organization (FAO) [11], quienes determinaron valores en los rangos de 7,0 - 11,4 para FC y de 11,3 - 14,9 % para PC. El AQ presenta mínimo valor de FC (2,08 ± 0,57), no coincide con lo encontrado por FAO [11], que reporta valores en rangos de 0,3 - 0,5 %. Los valores encontrados para cenizas y energía bruta presente en el PA fueron superiores a AQ, valores que coinciden a lo encontrado por Casas y col. [7] y FAO [11] (TABLA II).

Parámetros productivos y de calidad del huevo

El uso de subproductos de arroz (AQ + PA) con enzimas exógenas en las dietas experimentales de gallinas ponedoras mejoraron de manera significativa (P<0,05) los parámetros productivos y de calidad de huevo, especialmente en el T4 (30 % AQ + 10 % PA) (TABLA III). Estos valores no coinciden con lo reportado por Rezaei

TABLA II
Composición química de subproductos de arroz ($\bar{X} \pm D.E$)

Nutriente/Insumo	Polvillo de arroz	Arroz quebrado
Materia seca, %	88,33 \pm 1,56	90,21 \pm 0,76
Proteína cruda, %	13,17 \pm 0,49	8,55 \pm 0,89
Extracto etéreo, %	16,33 \pm 0,71	2,88 \pm 0,88
Fibra cruda, %	7,1 \pm 1,05	2,08 \pm 0,57
Cenizas, %	7,95 \pm 0,69	0,39 \pm 0,11
Energía bruta, Mcal·kg ⁻¹	4,31 \pm 0,21	3,88 \pm 0,39

(\bar{X} = Promedio; D.E = desviación estándar)

[32] quien no encontró diferencias significativas en los parámetros productivos ante un incremento de PA (hasta 25 %) posiblemente porque no utilizó enzimas. La inclusión de AQ + PA aumentó el consumo de alimento y porcentaje de postura en un 7,07 y 5,91 % respectivamente, comparado con el tratamiento DC. El aumento en el consumo de alimento, postura y menor eficiencia alimenticia coincide con lo reportado por Choct [8] y Vicente y col. [43], debido al elevado contenido en almidones, bajo en PNA y bajo contenido en complejos lípidos - amilosa comparado con el maíz. Otros resultados similares reportaron Santos y col. [34], y Vandeputte y Delcour [42] mencionan que habría un aumento en la producción de glucosa y de insulina postprandial, con mayores valores en el consumo de alimento y ganancias de peso. De igual manera, no coinciden con los hallazgos reportados por Rezaei [32] y Tangedjaja y col. [41], quienes mencionan que dietas que contienen un 22 % de PA en gallinas de 23 a 48 sem de edad no tuvo efectos adversos en el desempeño productivo. Respecto al alto nivel de ácido fítico en el PA, Tangedjaja y col. [41] recomienda que el uso de fitasas de origen microbiano podría mejorar la utilización de fósforo al menos en un 0,12 % del total aportado por fuentes inorgánicas de fósforo.

El PA, presenta un alto contenido en fósforo fítico (1,89 %), es más barato que el maíz y tiene un uso limitado en los alimentos balanceados, debido a su alto contenido en fibra, ácidos grasos insaturados (AGI) y en fitatos [28]. La adición de enzimas exógenas (1,4- β endoxilanas y fitasa) en dietas con alto contenido de fibra mejoraron los índices productivos y de calidad en huevo, de acuerdo a un reporte realizado por Amerah y col. [3], Khan y col. [18] y Resende y col. [31]. El uso de enzimas (xilanas, proteasa y fitasa) mejoraron la digestibilidad del almidón, grasa y proteínas, aportando más disponibilidad de nutrientes en el lumen intestinal y mejora de la absorción [3]. No hubo diferencias en eficiencia alimenticia. Sin embargo, otros estudios demuestran que la eficiencia alimenticia se ve afectada ante un aumento en el uso de PA, debido posiblemente a variaciones en contenido de fibra, proteínas y nivel de rancidez en aceite entre otros componentes de PA [37]. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la masa de huevo ante el aumento de los niveles de subproductos de arroz en la dieta. Estos datos no coinciden con Rezaei [32] quien no encontró diferencias significativas, mencionando que al aumentar los niveles de PA en la dieta, se incrementa los niveles de grasas y podría ser la causa del incremento en el peso y masa de huevo (TABLA III).

El valor obtenido en la pigmentación de yema fue disminuyendo en respuesta a mayor uso de AQ + PA en las dietas experimentales, estos resultados son similares a los obtenidos por Khazari y col. [19] quienes lo atribuyen a un bajo contenido de carotenoides en los subproductos de arroz (TABLA III). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas relacionadas al espesor de la cáscara ($P = 0,80$), pese a que hubo una reducción en el consumo de fósforo inorgánico en la dieta (1,34 kg en el DC versus 0,39 kg en el T4) (TABLA I). Estos resultados coinciden con lo reportado por Panda y col. [29], quienes redujeron la excreción de al menos un 50 % de fósforo al medio ambiente, disminuyendo la necesidad de suplementar con fósforo inorgánico, al mejorar el uso del fósforo fítico.

Evaluación económica

En todos los tratamientos que usaron subproductos de arroz con enzimas exógenas hubo una reducción en el costo por kg de

TABLA III
Parámetros productivos y de calidad de huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de PA y AQ

Indicadores	DC	T1	T2	T3	T4	EEM ⁶	P-valor
Parámetros productivos							
CA ¹ (g·ave ⁻¹ ·d ⁻¹)	103,44 ^b	103,24 ^b	103,59 ^b	105,55 ^{ab}	110,76 ^a	0,74	0,002
Postura (%)	83,04 ^{ab}	82,71 ^{ab}	75,45 ^c	78,68 ^{bc}	87,95 ^{bc}	0,75	< 0,001
MH ²	50,89 ^{bc}	51,31 ^{ab}	46,85 ^c	48,83 ^{bc}	55,57 ^a	0,54	< 0,001
EA ³	2,02	2,08	2,14	2,2	1,99	0,03	0,07
Parámetros de calidad de huevo							
PH ⁴ (g)	61,3	61,87	61,99	62,04	63,19	0,21	0,07
Color de yema	6,38 ^a	4,13 ^b	4,00 ^b	4,19 ^b	3,44 ^c	0,18	< 0,001
EC ⁵ (mm)	0,37	0,37	0,37	0,38	0,37	0,004	0,8

¹CA: consumo de alimento; ²MH: masa de huevo; ³EA: eficiencia alimenticia; ⁴PH: peso de huevo; ⁵EC: espesor de cáscara; ⁶EEM: error estándar de la media. ^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indica diferencia significativa ($P < 0,05$)

hasta 18,3 % (T4). El costo promedio de producir un kg de huevo en el T4 fue 19,42 % más bajo comparado con la DC. El promedio de huevos producidos e ingreso bruto promedio disminuyó en todos los tratamientos, con excepción del T4 (superior en 6,38 % comparado con DC). El consumo de alimento total en los tratamientos T3 y T4 se incrementaron en un 1,76 y 6,81 %, respectivamente, y comparado con DC, pero no lograron superar al comparar en el costo total de alimentación (DC fue más costoso). El valor de margen bruto promedio fue superior en todos los tratamientos menos en T3, siendo el T4 quien alcanzó el máximo margen de ganancia comparado con el tratamiento DC (TABLA IV). El uso de subproductos de arroz con enzimas en la dieta de gallinas ponedoras permite obtener mayor eficiencia económica, valores que coinciden con Anuradha y Roy [4], Gameiro [12], Ragab y Hassan [30].

TABLA IV
Evaluación económica de los tratamientos experimentales con diferentes niveles de subproductos de arroz

Indicadores	DC	T1	T2	T3	T4
A. Costo de alimento (S/kg^{-1})	1,53	1,37	1,28	1,35	1,25
B. Eficiencia alimenticia	2,02	2,08	2,14	2,2	1,99
C. Costo por kg de huevo ($S/$)	3,09	2,85	2,74	2,97	2,49
D. Huevos producidos (kg)	49,8	48,73	45,13	46,8	53,4
E. Ingreso bruto promedio ($S/$)	249	243,65	225,65	234	267
F. Consumo de alimento (kg)	92,54	92,54	92,02	94,17	98,84
G. Costo total por alimento ($S/$)	141,59	126,78	117,79	127,13	123,55
H. Margen bruto promedio ($S/$)	107,41	116,87	107,86	106,87	143,45
I. Margen bruto promedio (USD) ¹	31,49	34,27	31,63	31,34	42,07
J. Variación del margen bruto (%)	0	8,8	0,42	-0,5	33,55

$A \times B = C$; $D \times S / 5 = E$; $A \times F = G$; $E - G = H$. ¹USD 1,00 = SOL 3,41 (Marzo, 2016)

CONCLUSIONES

El uso de subproductos de arroz como el PA y AQ con enzimas exógenas en la dieta de gallinas ponedoras Lohmann Brown – Classic, mejoraron los índices productivos y económicos, pero sin comprometer la calidad de huevo, aunque con disminución de color de yema. Niveles de 30 % de AQ y 10 % de PA permitieron reducir los costos por kg de huevo y obtener una mayor producción de huevos (53,40 kg en T4 versus 49,80 en la DC) durante el tiempo evaluado, logrando un mayor margen bruto de ganancia de 33,55 % en T4 comparado con la DC. Cabe precisar que los resultados

obtenidos fueron con un nivel bajo de aves por repetición, recomendándose replicar la investigación con un número mayor de aves.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer al Proyecto Concytec – Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia (Contrato N° 003-2018) por contribuir al financiamiento de esta publicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ADEOLA, O.; COWIESON, A. Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve nonruminant animal production. *J. Anim. Sci.* 89(10): 3189-3218. 2011.
- [2] ALMARZA, M. Determinación de la composición química y propiedades físicas y químicas del pulido de arroz (*Oryza sativa L.*). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Tesis de Grado. 52 pp. 2013.
- [3] AMERAH, A.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.; THOMAS, D. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *Worlds Poult. Sci. J.* 63(3): 439-455. 2007.
- [4] ANURADHA, P.; ROY, B. Effect of supplementation of fiber degrading enzymes on performance of broiler chickens fed diets containing de-oiled rice bran. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* 10(4): 179-184. 2015.
- [5] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Chapter 4. Animal feed. **Official methods of analysis of AOAC international**. 15va Ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. Pp 69-88. 1995.
- [6] BHOSALE, S.; VIJAYALAKSHMI, D. Processing and Nutritional Composition of Rice Bran. *J. Curr. Res. Nutr. Food Sci.* 3(1): 74-80. 2015.
- [7] CASAS, G.; OVERHOLT, M.; DILGER, A.; BOLER, D.; STEIN, H. Effects of full fat rice bran and defatted rice bran on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs¹. *J. Anim. Sci.* 96(6): 2293-2309. 2018.
- [8] CHOCT, M. Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. In: McNab, J.; Boorman, K. (Eds.). **Non-starch polysaccharides: effect on nutritive value. Poultry Feedstuff Supply Compos. Nutrition Value**. Ebooks on agriculture and the applied life sciences from CAB International. Pp. 221-235. 2002.
- [9] CRAIG, A.; BEDFORD, M.; HASTIE, P.; KHATTAK, F.; OLUKOSI, O. The effect of carbohydrases or prebiotic oligosaccharides on growth performance, nutrient utilisation and development of small intestine and immune organs in broilers fed nutrient-adequate diets based on either wheat or barley. *J. Sci. Food Agric.* 99(7): 3246-3254. 2019.
- [10] DAGHIR, N.J. Feedstuffs used in hot regions. Chapter 7. In: Dagher, N. J. (Ed). **Poultry production in hot climates**. 2nd Ed. Wallingford. Pp.160-196. 2008.
- [11] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). El arroz en la nutrición humana. 1994. Organización de las Naciones

- Unidas para para la Alimentación y Agricultura (FAO). Italia. En línea: <https://bit.ly/3JtBr8Z> 16.08.2021
- [12] GAMEIRO, A. Análise econômica aplicada à zootecnia: Avanços e desafios. In: **Novos desafios da pesquisa em nutricao e producao animal**. Pirassununga. Pp. 31. 2009.
- [13] HAHN-DIDDE, D.; PURDUM, S. The effects of an enzyme complex in moderate and low nutrient-dense diets with dried distillers grains with solubles in laying hens. **J. Appl. Poult. Res.** 23(1): 23-33. 2014.
- [14] HOSSAIN, M.; SULTANA, S.; SHAHRIAR, S.; KHATUN, M. Nutritive value of rice polish. **J. Anim. Feed Res.** 2(3): 235-239. 2012.
- [15] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (INEI). Boletines de informes de precios. 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Perú. En línea: <https://bit.ly/3LwNN1S> 10.08.2021
- [16] ITZA, M.; CIRO, J. Parámetros productivos: Importancia en producción avícola. 2016. ResearchGate. En línea: <https://bit.ly/3uKDLE9> 08.08.2021
- [17] JADHAO, S.; CHANDRAMONI, C.; TIWARI, C.; KHAN, M. Efficiency of utilisation of energy from maize and broken rice based diets in old White Leghorn and Rhode Island Red laying hens. **J. Br. Poult. Sci.** 40(2): 275-283. 1999.
- [18] KHAN, S.; ATIF, M.; MUKHTAR, N.; REHMAN, A.; FAREED, G. Effects of supplementation of multi-enzyme and multi-species probiotic on production performance, egg quality, cholesterol level and immune system in laying hens. **J. Appl. Anim. Res.** 39(4): 386-398. 2011.
- [19] KHAZARI, B.; SHARIATMADARI, F.; KARIMI-TORSHIZI, M. Effect of using different levels of rice bran on broiler performance and nutrients digestibility. **Res. Anim. Prod. Res.** 9(21): 1-9. 2018.
- [20] KIARIE, E.; ROMERO, L.; RAVINDRAN, V. Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. **Poult. Sci.** 93(5): 1186-1196. 2014.
- [21] KOIYAMA, N.; UTIMI, N.; SANTOS, B.; BONATO, M.; BARBALHO, R. Effect of yeast cell wall supplementation in laying hen feed on economic viability, egg production, and egg quality. **J. Appl. Poult. Res.** 27(1): 116-123. 2018.
- [22] KOO, W. Maíz amarillo duro Perú importación. 2017. Agrodataperu, 2017. En línea: <https://bit.ly/3gEWW6r> 03.08.2021
- [23] LAMP, A.; EVANS, A.; MORITZ, J. The effects of pelleting and glucanase supplementation in hulled barley based diets on feed manufacture, broiler performance, and digesta viscosity. **J. Appl. Poult. Res.** 24(3): 295-303. 2015.
- [24] MATEOS, G.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.; LÁZARO, R. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. **J. Appl. Poult. Res.** 21(1): 156-174. 2012.
- [25] MELESSE, A. Substitution effect of maize (*Zea mays*) with grain milling by-products on egg production and hatchability of eggs in white Leghorn layer hens. **J. Biol. Agricult. Healthcare.** 10(9): 10-17. 2020.
- [26] MIR, N.; TYAGI, P.; BISWAS, A.; TYAGI, P.; MANDAL, A. Effect of feeding broken rice and distillers dried grains with solubles in a flaxseed-based diet on the growth performance, production efficiency, carcass characteristics, sensory evaluation of meat, and serum biochemistry of broiler chickens. **Turk. J. Vet. Anim. Sci.** 41:583-589. 2017.
- [27] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Chapter 2. In: Harlander, S.; Johnson, P. (Eds.). **Nutrient Requirements of Poultry**. 9na. Ed. National Academic Press. Pp 19-26. 1994.
- [28] PAIK, I. Application of phytase, microbial or plant origin, to reduce phosphorus excretion in poultry production. **J. Anim. Sci.** 16(1): 124-135. 2003.
- [29] PANDA, A.; RAO, S.; RAJU, M.; GAJULA, S.; BHANJA, S. Performance of broiler chickens fed low non phytate phosphorus diets supplemented with microbial phytase. **J. Poult. Sci.** 44(3): 258-264. 2007.
- [30] RAGAB, M.; HASSAN, H. Single and combined effects of manan oligosaccharide (MOS) and dietary protein on the performance and immunity response of laying hens. **Egypt. Poult. Sci.** 27: 969-987. 2007.
- [31] RESENDE, V.; BRAINER, M.; MODESTO, K.; LEITE, P.; FREITAS, P. Effects of enzyme supplementation on diets of medium-heavy laying hens at 28 to 40 weeks. **Rev. Cien. Agron.** 48: 683-689. 2017.
- [32] REZAEI, M. Utilization of mixed rice bran in laying hen diets. **Pak. J. Biol. Sci.** 9(8): 1420-1423. 2006.
- [33] ROSTAGNO, H.; TEIXEIRA, L.; LOPES, J.; GOMES, P.; DE OLIVEIRA, R.; LOPES, D.; SOARES, A.; DE TOLEDO, S. Tablas brasileñas para aves y cerdos. 2da Ed. Universidade Fed. Viçosa Viçosa MG Braz. Pp. 95 -115. 2011.
- [34] SANTOS, V.; GENTILINI, F.; LADEIRA, S.; ANCIUTI, M.; RUTZ, F. Complexo enzimático e farelo de arroz integral sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos de poedeiras em segundo ciclo de produção. **Ciên. Anim. Bras.** 18: 1-10. 2017.
- [35] SHAPIRO, B.I.; GEBRU, G.; DESTA, S.; NEGASSA, A.; NIGUSSIE, K.; ABOSET, G.; MECHAL, H. Ethiopia livestock master plan: Roadmaps for growth and transformation. 2015. Ministry of Agriculture and ILRI. En línea: <https://bit.ly/3HOKnoL> 30.07.2021
- [36] SHIN, J.; XUN, P.; NAKAMURA, Y.; HE, K. Egg consumption in relation to risk of cardiovascular disease and diabetes: a systematic review and meta-analysis. **Am. J. Clin. Nutr.** 98(1): 146-159. 2013.
- [37] SIBBALD, I.R. Metabolizable energy in poultry nutrition. **BioSci.** 30(11): 736-741. 1980.
- [38] STATISTIX. Data analysis software for researchers. 2010. En línea: <https://www.statistix.com/free-trial/> 05.08.2021
- [39] SYAMSU, J.A.; YUSUF, M.; ABDULLAH, A. Evaluation of Physical Properties of Feedstuffs in Supporting the Development of Feed Mill at Farmers Group Scale. **J. Adv. Agric. Technol.** 2(2): 147-150. 2015.

- [40] TAGOE, A.; HAMIDU, J.; DONKOH, A.; GARIBA, H. The performance of layers fed diets containing varying levels of sortex rejected rice from the processing of whole rice grains. **Rev. Livest. Res. Rural Develop.** 33(2): 1-9. 2021
- [41] TANGENDJAJA, B.; CHUNG, T.; BROZ, J. Effects of different sources of microbial phytase on production performance of brown-egg layers fed diets containing a high level of Rice Bran. **J. Appl. Poult. Res.** 11(2): 212-216. 2002.
- [42] VANDEPUTTE, G.; DELCOUR, J. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. **Carbohydr. Polym.** 58(3): 245-266. 2004.
- [43] VICENTE, B.; VALENCIA, D.; PÉREZ-SERRANO, M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs. **J. Anim. Sci.** 86(1): 119-126. 2008
- [44] WILKINSON, S. Big data for poultry – what is possible?. 2018. Revista Asian Agribiz. En línea: <https://bit.ly/3uLp0kL> 25.08.2021
- [45] WILLIAMS, M.; KLEIN, J.; WYATT, C.; YORK, T.; LEE, J. Evaluation of xylanase in low-energy broiler diets. **J. Appl. Poult. Res.** 23(2): 188-195. 2014.
- [46] ZHANG, Y.; LUO, M.; FANG, X.; ZHANG, F.; CAO, M. Energy value of rice, broken rice, and rice bran for broiler chickens by the regression method. **Poult. Sci.** 100(4): 1-8. 2021
- [47] ZULFAN, Z.; LATIF, H.; FITRI, C.; ASWITA, E. Effect of feeding quails with mixture feeds composed of crab waste meal, leubim fish waste meal, and broken rice grains as partly substitution of commercial diet on egg quality. **Anim. Prod.** 22(2): 82-91. 2020