

Efecto de la inclusión de *Azolla* en la dieta de codornices japonesas sobre el consumo voluntario, digestibilidad aparente y producción de huevos

EFFECT OF *AZOLLA* INCLUSION IN THE DIET OF JAPANESE QUAILS ON VOLUNTARY INTAKE, APPARENT DIGESTIBILITY AND EGG PRODUCTION

Juan Buenaño-Buenaño¹, Patricio Nuñez-Torres¹, Marcos Barros-Rodríguez^{1,2}, Marco Rosero-Peñaherrera¹, Efraín Lozada-Salcedo¹, Carlos Guishca-Cunuhay¹, Hernán Zurita-Vásquez¹

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de *Azolla* en la dieta de codornices japonesas sobre el consumo voluntario, digestibilidad aparente de los nutrientes y producción de huevos. Se utilizaron 240 codornices de 16 semanas de edad iniciando el primer tercio de postura. Las aves se alojaron en 24 jaulas elevadas (10 aves por jaula). Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: T1: 0%, T2: 5%, T3: 10% y T4: 15% de inclusión de *Azolla* en la dieta por 60 días. El consumo voluntario de nutrientes fue mayor en los tratamientos con *Azolla* ($p < 0.05$). El menor rendimiento de huevos g/ave/día¹ fue en T4 ($p < 0.0001$) y la mejor conversión alimenticia fue en T1 y T2 ($p < 0.0001$). La digestibilidad aparente de la materia seca y materia orgánica no mostró diferencia significativa entre tratamientos. La mayor digestibilidad de proteína cruda fue en T1 (46.1%) y T2 (44.5 %) ($p < 0.0001$), y para fibra detergente neutra fue en T2 (63.6%) ($p = 0.034$). La incorporación de *Azolla* en un 5% en la dieta de codornices produce un efecto similar en la producción de huevos y conversión alimenticia que la dieta control, pudiendo utilizarse como un producto no convencional de bajo costo.

Palabras clave: *Azolla*; codorniz; digestibilidad; consumo voluntario

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the inclusion of *Azolla* on the diet of Japanese quails on voluntary intake, apparent digestibility and egg production. 240 quails of 16 weeks of age were used, starting the first third of laying. The birds were housed in 24 elevated cages (10 birds per cage). A completely randomized design was used with four treatments: T1: 0%, T2: 5%, T3: 10% and T4: 15% of *Azolla* inclusion in the diet for 60 days. Voluntary nutrient intake was higher in the treatments with *Azolla* ($p < 0.05$). The lowest egg yield g/bird/day¹ was in T4 ($p < 0.0001$) and the best feed conversion was in T1 and T2 ($p < 0.0001$). Apparent digestibility of dry matter and organic matter did not show significant differences between treatments. The highest digestibility of crude protein was in T1 (46.1%) and T2 (44.5 %) ($p < 0.0001$), and for neutral detergent fiber was in T2 (63.6%) ($p = 0.034$). The incorporation of *Azolla* in a 5% in the diet of quails produces a similar effect on egg production and feed conversion as the control diet, being able to be used as a non-conventional product of low cost.

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, Ecuador

² E-mail: ma_barrosr@yahoo.es

Recibido: 26 de marzo de 2017

Aceptado para publicación: 8 de noviembre de 2017

housed in 24 raised cages (10 per cage). A completely randomized design was used with four treatments: T1: 0%, T2: 5%, T3: 10% and T4: 15% inclusion of *Azolla* in the diet. Voluntary nutrient intake was higher in *Azolla* treatments ($p < 0.05$). The lowest egg yield g/bird/day¹ was in T4 ($p < 0.0001$) and the best feed conversion was in T1 and T2 ($p < 0.0001$). The apparent digestibility of dry matter and organic matter showed no significant difference between treatments. The highest crude protein digestibility was in T1 (46.1%) and T2 (44.5%) ($p < 0.0001$) and the highest for digestibility of neutral detergent fibre was in T2 (63.6%) ($p = 0.034$). The incorporation of *Azolla* by 5% in the quail diet produces a similar effect in egg production and feed conversion than the control diet, which could be used as a non-conventional low-cost product.

Key words: *Azolla*; quail; digestibility; voluntary intake

INTRODUCCIÓN

La codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) viene generando gran interés en los avicultores dedicados a la producción de huevos en el Ecuador, dado que es un ave que requiere de poca inversión económica para su crianza, en comparación con otras aves de granja (Özsoy y Aktan, 2011). La codorniz es la especie de menor contextura que se explota en el sector avícola comercial (Panda y Singh, 1990). La razón de su éxito se explica por el alto nivel de producción y la calidad nutricional de los huevos (Iqbal *et al.*, 2015) que ha dado lugar a su aceptación en el mercado de consumo.

Las hembras en crianza comercial inician su ciclo de postura, generalmente, a las seis semanas de edad y pueden llegar a mantener un promedio de 250-300 huevos por campaña (Dahouda *et al.*, 2013). La calidad del huevo juega un papel importante en la crianza de la codorniz, puesto que depende de ello la demanda del producto (Kocevski *et al.*, 2011), de allí que el éxito financiero está en el número total de huevos (Monira *et al.*, 2003). Sin embargo, el productor se enfrenta a una serie de dificultades que limitan una producción eficiente, al no contar con alimentos balanceados definidos para su alimentación. Como alternativa para este problema se plantea la formulación de concentrados a base de productos no convencionales que

mejoren la ingesta de alimento, su digestibilidad y la producción de huevos.

En este sentido, la incorporación de *Azolla* en la dieta de codornices puede jugar un papel muy importante, debido a que posee entre 17 a 18 % de proteína, bajos niveles de fibra (34% de fibra detergente neutro - FDN) y alrededor de 90% de digestibilidad de la materia seca (MS) (Becerra y Preston, 1990; Vásquez, 2012). La *Azolla* ha sido utilizada en la alimentación animal, tanto como forraje fresco para rumiantes como en harina para la elaboración de alimentos balanceados de monogástricos, obteniendo buenos rendimientos productivos al sustituir de forma parcial o total la soya y maíz, respectivamente (Ramos, 2012; Vásquez, 2012).

La utilización de harinas a base de forrajes puede ser promisorio en la producción de codornices ya que, según Çabuk *et al.* (2014), se pueden lograr incrementos significativos de la producción de huevos al usar inclusiones de 10-20% de subproductos de lenteja (*Lens culinaris*) en la alimentación de codornices. Así mismo, indican que la incorporación de niveles que excedan los límites recomendados tiende a disminuir el consumo y la conversión del alimento en carne y huevo. Esto se debe a la presencia de niveles excedentes de carbohidratos estructurales en la dieta, que provoca un pasaje lento del alimento en el tracto gastrointestinal aunado a un mayor gasto energético (Savory y Gentle,

1976; Vieira Filho *et al.*, 2016). Con base en estos antecedentes, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de *Azolla* en la alimentación de codornices japonesas sobre el consumo voluntario, la digestibilidad aparente de los nutrientes y la producción de huevos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación, Animales y Alojamiento

La presente investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato (UTA), Ecuador. La zona se encuentra a una altitud de 2865 msnm.

Se utilizaron 240 codornices (*Coturnix coturnix japonica*) de aproximadamente 16 semanas de edad que se encontraban en el primer tercio de postura. Las codornices provenían de una granja donde su alimentación estaba basada en balanceado comercial. Las aves estaban alojadas en 24 jaulas elevadas (10 aves por jaula), provistas de comederos y bebederos con agua *ad libitum*. Las codornices tuvieron un periodo de adaptación de 30 días, donde el alimento concentrado se fue mezclando con las dietas experimentales, hasta solo proporcionar las dietas a base de niveles crecientes de *Azolla*. Finalizado el periodo de adaptación se inició con los periodos de muestreos cada 15 días durante 60 días.

Las codornices se distribuyeron de manera aleatoria en los cuatro tratamientos.

Azolla y Tratamientos

La *Azolla* fue cultivada en los estanques de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UTA. Se recolectaron 1500 kg de materia fresca a las cuatro semanas de la siembra. La *Azolla* recolectada fue deshidratada al sol bajo cubierta de invernadero. Una vez seca, se molió en un molino

de martillo a un tamaño de partícula de 1 mm y se incorporó en la dieta de las codornices según los niveles establecidos para cada tratamiento experimental (dietas) (Cuadro 1).

Adicionalmente, se tomó una muestra de 1 kg de materia fresca para estimar el contenido de materia seca (MS) en una estufa a 60 °C hasta peso constante, para luego realizar el análisis bromatológico.

El alimento fue suministrado dos veces por día (10:00 y 16:00 h) durante todo el periodo experimental. Se tomaron 200 g de cada dieta y se secaron en una estufa a 60 °C para determinar la MS de las dietas y la composición química.

Variables de Respuesta

Consumo voluntario de nutrientes. Se determinó por el método directo (nutriente ofrecido - nutriente rechazado) cada 24 horas durante tres días consecutivos y cada 15 días (0, 15, 30, 45 y 60 del periodo experimental).

Rendimiento de huevos (g/día) y conversión alimenticia. Se registró el número de huevos por jaula cada 24 horas por tres días consecutivos y cada 15 días hasta finalizar el periodo experimental. Los huevos y el alimento fueron pesados en una balanza de precisión PCE-BT 2000 (0.01 g de precisión). La conversión alimenticia se determinó mediante la división entre el alimento consumido y el rendimiento de huevos.

Digestibilidad aparente de los nutrientes. Se realizó mediante el método directo de recolección total de heces. Se determinó mediante la fórmula: nutriente ingerido - nutriente excretado cada 24 horas. Este procedimiento se realizó durante seis días al final del periodo experimental (día 61 a 67). Para esto, se recolectó diariamente una muestra del alimento ofrecido y de las heces por jaula, se secaron estufa a 60 °C para determinar la MS y el contenido de nutrientes, tanto del ingerido (alimento) como del rechazado (en las heces).

Cuadro 1. Niveles de inclusión de *Azolla* y composición química de las dietas experimentales

Ingredientes (g/kg MS)	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Maíz	446.0	442.0	400.0	365.0
Aceite de palma	36.0	37.0	42.0	36.0
Afrecho	60.0	15.0	4.0	10.0
Pasta de soya	340.0	340.0	335.0	320.0
Harina de pescado	25.0	23.0	26.0	26.0
<i>Azolla</i>	0	50.0	100.0	150.0
Melaza	10.0	10.0	10.0	10.0
Lisina	0.50	0.50	0.50	0.50
Metionina	1.20	1.20	1.20	1.20
Treonina	0.80	0.80	0.80	0.80
Fosfato monodivale	12.0	12.0	12.0	12.0
Carbonato de calcio	63.0	63.0	63.0	63.0
Sal común	3.0	3.0	3.0	3.0
Vitaminas	2.0	2.0	2.0	2.0
Total	1000	1000	1000	1000
Composición química (%)				
Proteína cruda (PC)	22.9	22.2	22.4	23.7
Materia seca (MS)	89.1	89.4	89.1	89.2
Materia orgánica (MO)	92.0	90.4	88.2	90.0
Fibra detergente neutro (FDN)	25.1	24.7	24.0	25.2
Fibra detergente ácido (FDA)	22.1	19.5	21.0	22.6
Cenizas	8.8	9.5	11.7	9.9

Análisis Químicos

Se determinó la MS (#7.007), PC (#2.057) y ceniza (#7.009) acorde a la metodología descrita por AOAC (1990). La fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) se determinó de acuerdo a los métodos 12 y 13, respectivamente, del analizador de fibra ANKOM²⁰⁰⁰ (Ankom Technology, Fairport, EEUU). El contenido

de proteína cruda (PC) se realizó por análisis elemental (N) utilizando un LECO CHN 628 (LECO Corporation).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (dietas) y seis repeticiones (jaulas con 10 aves). Todas las

Cuadro 2. Consumo voluntario de nutrientes (g/ave/día⁻¹), rendimiento de huevos (g/ave/día⁻¹) y conversión alimenticia en codornices alimentadas por 60 días con niveles crecientes de *Azolla*

Consumo de nutrientes	Tratamientos				EEM	p	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
MS	41.0 ^B	44.6 ^{AB}	47.4 ^A	45.2 ^A	0.934	0.0010	0.6619	0.0422
MO	37.7 ^B	40.3 ^{AB}	41.8 ^A	40.7 ^{AB}	0.835	0.0172	0.7740	0.2248
PC	9.4 ^B	9.9 ^{AB}	10.6 ^A	10.7 ^A	0.211	0.0007	0.0137	0.2488
FDN	10.3 ^B	11.0 ^{AB}	11.3 ^A	11.4 ^A	0.229	0.0099	0.2765	0.5757
FDA	9.0 ^B	8.7 ^B	9.9 ^A	10.2 ^A	0.199	0.0001	0.0001	0.0532
Rendimiento de huevos	11.8 ^A	11.4 ^A	10.7 ^A	9.1 ^B	0.333	0.0001	0.0001	0.3099
Conversión alimenticia	3.4 ^C	3.8 ^{CB}	4.4 ^{AB}	5.0 ^A	0.163	0.0001	0.0002	0.9321

^{ABC} Medias con letras diferentes dentro de filas difieren significativamente (p<0.05)

EEM = Error estándar de la media; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida

T1= 0%, T2=5%, T3=10%, T4=15% de inclusión de *Azolla* en la dieta

Cuadro 3. Digestibilidad aparente de los nutrientes en dietas con niveles crecientes de *Azolla* utilizadas en la alimentación de codornices

Digestibilidad aparente (%)	Tratamientos				EEM	p	Contrastes	
	T1	T2	T3	T4			L	C
MS	65.4 ^A	70.2 ^A	69.6 ^A	68.5 ^A	1.26	0.0593	0.3402	0.8589
MO	69.6 ^A	73.4 ^A	72.7 ^A	72.5 ^A	1.10	0.1086	0.5408	0.8450
PC	46.1 ^A	44.5 ^A	33.8 ^B	37.4 ^B	2.31	0.0001	0.0429	0.0195
FDN	56.1 ^B	63.6 ^A	54.3 ^B	55.4 ^B	1.68	0.0034	0.0025	0.0206
FDA	52.4 ^{AB}	55.0 ^A	45.9 ^B	49.9 ^{AB}	1.91	0.0205	0.0725	0.0113

^{ABC} Medias con letras diferentes dentro de filas difieren significativamente (p<0.05)

EEM = Error estándar de la media; MS = Materia seca; MO = Materia orgánica; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra detergente neutra; FDA = Fibra detergente ácida

T1= 0%, T2=5%, T3=10%, T4=15% de inclusión de *Azolla* en la dieta

variables fueron analizadas de acuerdo al diseño empleado usando el PROC GLM (SAS, 2002). La comparación de medias se lo realizó mediante la prueba de Tukey. Adicionalmente, se realizó un análisis de polinomios ortogonales para evaluar los efectos lineales o cuadráticos de la respuesta a los tratamientos (SAS, 2002).

RESULTADOS

El consumo de MS, materia orgánica (MO), PC y FDN fue mayor ($p=0.0010$, $p=0.0172$, $p=0.0007$, $p=0.0099$, respectivamente) para los tratamientos T2, T3 y T4 en comparación a T1, obteniendo una respuesta cuadrática hacia el efecto de la *Azolla* en el consumo de la MS ($p=0.0422$) y lineal en la ingestión de PC ($p=0.0137$).

El consumo de FDA presenta una respuesta lineal ($p<0.0001$) hacia los tratamientos, obteniendo el mayor consumo voluntario en las aves alimentadas con T3 y T4 ($p=0.0001$). El menor rendimiento de huevos g/ave/día¹ y conversión alimenticia se observó en T4 ($p<0.0001$), obteniendo una respuesta lineal ($p<0.0001$) sobre el efecto de los tratamientos; es decir, a mayor nivel de *Azolla* en la dieta se disminuye el rendimiento de huevos y la conversión alimenticia (Cuadro 2).

La digestibilidad aparente de la MS y MO no mostró diferencia entre los tratamientos ($p=0.0593$ y $p=0.1086$, respectivamente). Con respecto a la PC, la mayor digestibilidad fue para T1 (46.1 %) y T2 (44.5 %) ($p=0.0001$). La mayor digestibilidad de la FDN fue para el T2 (63.6 %) ($p=0.034$). Sin embargo, la digestibilidad de la FDA fue mayor para T1 (52.4%), T2 (55%) y T4 (49.9%) ($p=0.0205$), siendo superior al T3 con alrededor de 10% (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

El mayor consumo voluntario de nutrientes (g/ave/día¹) en los tratamientos con *Azolla* (Cuadro 2) se debió posiblemente, por un lado, a que la incorporación de *Azolla* en la dieta influyó en el aporte de fibra dietaria insoluble y, con ello, se podría haber aumentado el tránsito intestinal del alimento favoreciendo el consumo (Savón, 2002); y por otro lado, por la preferencia visual que tienen las aves por el alimento o tamaño de partícula del mismo para el caso de las dietas con *Azolla*. A diferencia de los mamíferos, las propiedades visuales y de textura del alimento tienen una influencia mayor en el consumo de alimento de las aves (Cooper, 1971). Estos resultados son consistentes a los reportados por Mahecha y Rosales (2005) y Andino y Patricia (2015), quienes mencionan que la inclusión de forraje en la dieta de las aves puede beneficiar el consumo de alimento.

Los mayores rendimientos de huevos (g/día) y mejor conversión alimenticia (Cuadro 2) pueden estar relacionados a una mayor digestión de los nutrientes, aspecto que fue observado en este estudio (Cuadro 3). El menor rendimiento productivo en T4 fue posiblemente debido a un menor aprovechamiento de los nutrientes (menor digestibilidad; Cuadro 4), ya que la *Azolla* contiene una mayor cantidad de fibra que acelera el tránsito intestinal. Estos resultados concuerdan con los reportados por Fuente *et al.* (2005), quienes mencionan que a mayor digestibilidad de los nutrientes se obtiene mayor rendimiento productivo.

Los resultados obtenidos en la digestibilidad aparente de la MS y MO (Cuadro 3) pudo deberse al contenido de carbohidratos presentes en las dietas (y que fue similar para todos los tratamientos: Cuadro 2). Sin embargo, la mayor digestibilidad de PC, FDN y FDA de las dietas con inclu-

sión de 0% (T1) y 5% (T2) de *Azolla* pudo deberse al menor aporte de fibra dietética en la dieta, en comparación a las dietas con niveles ascendentes de *Azolla* (T3 y T4), ya que esto provoca mayor tránsito del alimento por el tracto gastrointestinal, reduciendo la exposición del alimento a los procesos enzimáticos y, con ello, una reducción de la digestibilidad (McDonald *et al.*, 2011), aspecto parcialmente observado en este estudio (Cuadro 3). Aguilar *et al.* (2000), asimismo, mencionan que la inclusión de forrajes como parte de la dieta alimenticia en las aves disminuye la digestibilidad de nutrientes, disminuyendo a su vez, la conversión alimenticia y el rendimiento productivo.

CONCLUSIÓN

La incorporación de *Azolla* en un 5% en la dieta de codornices produce un efecto similar en la producción de huevos y conversión alimenticia que la dieta control, de modo que podría utilizarse como un producto no convencional de bajo costo.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato por el financiamiento de esta investigación, a través de la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE), resolución CU-0135-P-2014

LITERATURA CITADA

1. **Aguilar-Ramírez J, Santos-Ricalde R, Pech-Martínez V, Montes-Pérez R. 2000.** Utilización de la hoja de chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) y de huaxín (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de aves criollas. *Rev Biomed* 11: 17-24.
2. **Andino P, Patricia S. 2015.** Dietas con diferentes niveles de proteína más aminoácidos sintéticos en el comportamiento productivo de codornices de postura. Tesis de pregrado. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. 111 p.
3. **[AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1990.** Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: AOAC. 1230 p.
4. **Bagh J, Panigrahi B, Panda N, Pradhan CR, Mallik BK, Majhi B, Rout SS. 2016.** Body weight, egg production, and egg quality traits of gray, brown, and white varieties of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in coastal climatic condition of Odisha. *Vet World* 9: 832-836. doi: 10.14202/vetworld.2016.832-836
5. **Çabuk M, Eratak S, Basmaciođlu Malayođlu H. 2014.** Effects of dietary inclusion of lentil byproduct on performance and oxidative stability of eggs in laying quail. *Scientific World J* 2014: ID 742987. doi: 10.1155/2014/742987
6. **Cooper JB. 1971.** Colored feed for turkey poults. *Poult Sci* 50: 1892-1893.
7. **Dahouda M, Adjolohoun S, Montchowui EH, Senou M, Hounsou NMD, Amoussa S, et al. 2013.** Growth performance of quails (*Coturnix coturnix*) fed on diets containing either animal or vegetable protein sources. *Int J Poult Sci* 12: 396-400. doi: 10.3923/ijps.2013.396.400
8. **Fuente B, Díaz A, Lecumberri J, Ávila E. 2005.** Necesidades de lisina y aminoácidos azufrados digestibles en gallinas Leghorn Blancas. *Vet Mex* 36: 135-145.
9. **Iqbal MA, Roohi N, Akram M, Khan O. 2015.** Egg quality and egg geometry influenced by mannan-oligosaccharides (MOS), a prebiotic supplementation in four close bred flocks of Japanese quail breeders (*Coturnix coturnix japonica*). *Pakistan J Zool* 47: 641-648.
10. **Kocevski D, Nikolova N, Kuzelov A. 2011.** The influence of strain and age on some egg quality parameters of commercial laying hens. *Biotechnol Anim Husb* 27: 1649-1658.

11. **Mahecha L, Rosales M. 2005.** Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* [Hemsl.] Gray), en la producción animal en el trópico. *Livestock Res Rural Dev* 17(9). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd17/9/mahe17100.htm>
12. **McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG. 2011.** *Animal nutrition*. 7th ed. Essex, UK: Pearson. 692 p.
13. **Monira KN, Salahuddin M, Miah G. 2003.** Effect of breed and holding period on egg quality characteristics of chicken. *Int J Poult Sci* 2: 261-263. doi: 10.3923/ijps.2003.261.263
14. **Özsoy AN, Aktan S. 2011.** Estimation of genetic parameters for body weight and egg weight traits in Japanese quails. *Trends Anim Vet Sci J* 2: 17-20.
15. **Panda B, Singh RP. 1990.** Development in processing quail meat and eggs. *Worlds Poult Sci J* 46: 219-234. doi: 10.1079/WPS19900022
16. **Savón L. 2002.** Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. *Rev Cuban Cienc Agr* 36: 91-102.
17. **Savory CJ, Gentle MJ. 1976.** Changes in food intake and gut size in Japanese quail in response to manipulation of dietary fibre content. *Br Poult Sci* 17: 571-580. doi: 10.1080/0007166760-8416315
18. **Vieira Filho JA, Garcia EA, Molino ADB, Santos TAD, Paz ICDLA, Baldo GADA. 2016.** Productivity of Japanese quails in relation to body weight at the end of the rearing phase. *Acta Sci Anim Sci* 38: 213-217. doi: 10.4025/actascianimsci.v38i2.29858