

GRANOS SECOS DE DESTILERÍA CON SOLUBLES DE MAÍZ Y SUPLEMENTACIÓN DE XILANASA EN POLLAS Y GALLINAS BOVANS WHITE

DISTILLERS DRIED GRAINS WITH SOLUBLES FROM MAIZE AND XYLANASE SUPPLEMENTATION IN BOVANS WHITE PULLETS AND HENS

Jennifer Pérez-Martínez^{1*}, Juan Manuel Cuca-García¹, Carlos Miguel Becerril¹, Arturo Pro-Martínez¹, Omar Hernández-Mendo¹, Mariano González-Alcorta², Víctor Valdés-Narváez³, Silvia Carrillo-Domínguez⁴

¹Ganadería. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo 56230 México. (jeanbodin_@hotmail.com). ²Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo 56230 México. ³Consultor independiente. ⁴Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Subirán. Vasco de Quiroga 15, Belisario Domínguez, Sección 16, Tlalpan 14080 Ciudad de México.

RESUMEN

Durante la producción de etanol a partir del maíz se generan granos secos de destilería con solubles (GSDS, conocidos en inglés como DDGS) utilizados en la avicultura por su contenido alto de nutrimentos. La hipótesis fue que los GSDS cubren los requerimientos nutrimentales en pollas y gallinas y la xilanasa mejorará las variables productivas. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue determinar la inclusión de GSDS y xilanasa en alimento para pollas y gallinas. En este estudio se usaron 400 pollas de un día a 70 semanas de edad, distribuidas en 10 tratamientos, con cinco repeticiones, de ocho pollas cada una, y un arreglo factorial 5 x 2 con cinco niveles de GSDS (0, 8, 16, 24 y 32%) y dos de xilanasa (0 y 0.05%). Las variables fueron rendimiento productivo, madurez sexual, calidad de huevo, costo de la polla y de un kg de huevo. Los resultados indicaron que en pollas los GSDS y la xilanasa no modificaron las variables productivas y de madurez sexual ($p > 0.05$); en postura a partir de 16% de GSDS se empezó a afectar la producción, mientras que la enzima tuvo un efecto positivo ($p \leq 0.05$) en rendimiento productivo. Con 32% de GSDS, el costo de crianza y un kg de huevo aumentó ($p \leq 0.05$). En calidad de huevo los GSDS mejoraron las unidades Haugh y el color de la yema ($p \leq 0.05$), mientras que la xilanasa las afectó ($p \leq 0.05$). En conclusión, en pollas se pueden incluir hasta 32% de GSDS con éxito en las variables productivas y de madurez sexual, mientras que la xilanasa no es necesaria. En gallinas los GSDS a partir de 16% causan efectos adversos en el rendimiento y precio del huevo, en tanto que la xilanasa mejora las variables productivas y disminuye el costo del huevo.

ABSTRACT

During ethanol production from maize corn, distillers dried grains with solubles (DDGS, at tables labelled in Spanish as GSDS) are generated and used in poultry farming because of their high nutrient content. The hypothesis was that DDGS meet nutrient requirements in pullets and hens and xylanase will improve productive variables. Therefore, the objective of the study was to determine the inclusion of DDGS and xylanase in pullet and hen feed. In this study, 400 pullets from one day to 70 weeks of age were used, distributed in 10 treatments, with five replicates of eight pullets apiece, and a 5 x 2 factorial arrangement with five levels of DDGS (0, 8, 16, 24 and 32%) and two of xylanase (0 and 0.05%). Variables were productive yield, sexual maturity, egg quality, cost per pullet and per kg of egg. Results indicated that in pullets, DDGS and xylanase did not modify the productive and sexual maturity variables ($p > 0.05$); in laying, from 16% DDGS onwards, production began to be affected, while the enzyme had a positive effect ($p \leq 0.05$) on yield. With 32% DDGS, the cost of rearing and one kg of egg increased ($p \leq 0.05$). In egg quality, DDGS improved Haugh units and yolk color ($p \leq 0.05$), while xylanase affected them ($p \leq 0.05$). In conclusion, in pullets up to 32% DDGS can be included with success for productive and sexual maturity variables, while xylanase is not necessary. In hens, DDGS above 16% cause adverse effects on egg yield and price, while xylanase improves productive variables and decreases egg cost.

Key words: protein, enzyme, egg quality, sexual maturity, cost.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6387-5726>.

Recibido: marzo, 2020. Aprobado: junio, 2021.

Publicado en *Agrociencia* 55: 417-431. 2021.

Palabras clave: proteína, enzima, calidad de huevo, madurez sexual, costo.

INTRODUCCIÓN

Los granos secos de destilería con solubles (GSDS) se empezaron a utilizar en la producción pecuaria por su costo bajo, pero la demanda alta aumentó su precio. En la avicultura se utilizan por su alto índice de proteína, aminoácidos, energía y fósforo, los cuales equivalen a tres veces el contenido de los granos de los cuales proceden, así como xantofilas (40 mg L^{-1}) (Liu, 2012). Sin embargo, en la avicultura el problema principal de utilizar GSDS es la variabilidad del contenido de aminoácidos y el nivel de energía, además pueden contener micotoxinas y el contenido de fibra detergente neutro es 33.2% (De Blas *et al.*, 2019).

Los GSDS contienen polisacáridos no amiláceos (PNA), los cuales son polímeros de monosacáridos unidos a través de enlaces glucosídicos que inhiben la digestión del almidón en las aves, aumentan la viscosidad intestinal y modifican la fisiología y salud intestinal (Choct, 2015). Por eso se incorporaron enzimas exógenas para PNA en la dieta de las aves, las cuales mejoran la digestibilidad de los nutrimentos, porque las aves no tienen suficientes enzimas para digerir la fibra por completo (Alagawany *et al.*, 2018). Por lo tanto, bajo la hipótesis de que los GSDS podrían cubrir los requerimientos nutrimentales en pollas y gallinas y la xilanasa podría mejorar las variables productivas; el objetivo de este estudio fue determinar en pollas y gallinas Bovans White, si la inclusión de GSDS y xilanasa en la dieta influyen en el comportamiento productivo, madurez sexual, calidad de huevo, precio de producción de una polla y de un kg de huevo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, México. En este estudio se usaron 400 pollas Bovans White, de 1 d a 70 semanas de edad, y se dividió en dos etapas, crianza y postura. Las aves se asignaron al azar a diez tratamientos, con cinco repeticiones y ocho pollas en cada una. Las pollas se alojaron en criadoras eléctricas de batería, hasta la semana seis de edad; después se colocaron en jaulas de desarrollo, en la semana 15 pasaron a jaulas para ponedoras, dos aves por jaula de $30 \times 45 \text{ cm}$, con comederos lineales y bebederos automáticos en una caseta convencional.

INTRODUCTION

Distillers dried grains with solubles (DDGS) began to be used in livestock production because of their low cost, but high demand increased their price. In poultry farming, they are used for their high protein, amino acids, energy and phosphorus, which are equivalent to three times the content of the grains from which they are derived, as well as xanthophylls (40 mg L^{-1}) (Liu, 2012). However, in poultry farming the main problem of using DDGS is the variability of amino acid content and energy level, in addition they may contain mycotoxins and the neutral detergent fiber content is 33.2% (De Blas *et al.*, 2019).

DDGS contain non-starch polysaccharides (PNA), which are polymers of monosaccharides linked through glycosidic bonds that inhibit starch digestion in birds, increase intestinal viscosity, and modify intestinal physiology and health (Choct, 2015). Therefore, exogenous enzymes for PNA were incorporated into the poultry diet, which improve nutrient digestibility, because birds do not have enough enzymes to digest fiber completely (Alagawany *et al.*, 2018). Therefore, on the hypothesis that DDGS would meet the nutritional requirements of pullets and hens and xylanase would improve productive variables; the objective of this study was to determine in Bovans White pullets and hens, whether the inclusion of DDGS and xylanase in feed would influence productive behavior, sexual maturity, egg quality, production price of a pullet and a kg of egg.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at the Colegio de Postgraduados campus Montecillo, Texcoco, Mexico. The study used 400 Bovans White pullets, from 1 day to 70 weeks old; the study was divided into two stages, rearing and laying. The birds were randomly assigned to ten treatments, with five replicates and eight pullets per treatment. The pullets were housed in electric battery brooders until six weeks of age; then they were placed in development cages, and at week 15 they were moved to laying cages, two birds per a $30 \times 45 \text{ cm}$ cage, with linear feeders and automatic drinkers in a conventional booth.

In the rearing stage, the study was divided into three periods: 0 to 6, 7 to 12 and 13 to 18 weeks. The laying stage was divided into eight periods of six weeks each, and a ninth period consisting of four weeks so that the production was adjusted to 364 days.

En la etapa de crianza el estudio se dividió en tres períodos: de 0 a 6, de 7 a 12 y de 13 a 18 semanas. La etapa de postura se dividió en ocho períodos de seis semanas cada uno, y un noveno periodo que constó de cuatro semanas para que la producción se ajustara a 364 d.

Las dietas fueron isoproteicas con base en sorgo y pasta de soya para las etapas de iniciación, crecimiento y desarrollo (Cuadro 1) y postura (Cuadro 2). Con ellas se cubrieron los requerimientos para pollas y gallinas en postura (NRC, 1994; Cuca

The diets were iso-protein diets based on sorghum and soybean paste for the stages: starter, growth, development (Table 1), and laying (Table 2). They covered the requirements for chicks, pullets and laying hens (NRC, 1994; Cuca *et al.*, 2009). The amounts of sorghum and soybean paste varied with the addition of 0, 8, 16, 24 and 32% DDGS with two concentrations 0 and 0.05% of xylanase (40 000 IU g⁻¹). The control was the diet that did not contain DDGS nor xylanase; water and feed were offered *ad libitum*. The cost of the diets was obtained by multiplying the

Cuadro 1. Composición de las dietas experimentales durante la fase de crianza (%).
Table 1. Composition of the experimental diets (%) during the rearing stage.

Ingrediente	Iniciación (1 d a 6 semanas)				
GSDS [†]	0.00 [‡]	8.00 [‡]	16.00 [‡]	24.00 [‡]	32.00 [‡]
Sorgo (10.3% PC)	69.09	64.61	60.14	55.68	51.21
Pasta de soya (48.5% PC)	25.69	21.78	17.85	13.86	9.89
Vitaminas y minerales [§]	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Alimento (\$ kg ⁻¹) ^b	5.46	5.49	5.52	5.59	5.65
Análisis calculado					
EM (kcal ⁻¹ kg)	3000	3000	3000	3000	3000
Proteína cruda	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Calcio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Lisina	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Metionina+Cistina	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Triptófano	0.22	0.21	0.19	0.19	0.19
Treonina	0.64	0.62	0.62	0.62	0.62
Nutrimento analizado (PC%)					
0% xilanasa	21.58	21.60	21.19	21.19	21.5
0.05%xilanasa [‡]	21.43	21.9	21.4	21.8	21.4
Ingrediente	Crecimiento (7 a 12 semanas)				
Sorgo (10.3% PC)	72.59	69.23	65.86	62.52	59.20
Pasta de soya (48.5% PC)	21.21	17.03	12.84	8.64	4.40
Vitaminas y minerales [§]	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Alimento (\$ kg ⁻¹) ^b	4.96	4.96	4.97	4.99	5.03
Análisis calculado (%)					
EM (kcal ⁻¹ kg)	2900	2900	2900	2900	2900
Proteína cruda	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Calcio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Lisina	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Metionina+Cistina	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Triptófano	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16
Treonina	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56
Nutrimento analizado (PC%)					
0% xilanasa	19.97	18.78	18.29	18.05	18.80
0.05% xilanasa [‡]	19.70	18.35	18.87	18.28	18.38

Continúa...

Continúa Cuadro 1.

Ingrediente	Desarrollo (13-18 semanas)				
Sorgo (9.5% PC)	73.85	70.49	67.14	63.79	60.44
Pasta de soya (48% PC)	18.23	14.04	9.84	5.64	1.44
Vitaminas y minerales	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Alimento (\$ kg ⁻¹) ^b	4.84	4.84	4.85	4.87	4.89
Análisis calculado					
EM (kcal ⁻¹ kg)	2865	2865	2865	2865	2865
Proteína cruda	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Calcio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Lisina	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Metionina+Cistina	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
Triptófano	0.17	0.16	0.16	0.16	0.16
Treonina	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Nutrimento analizado (PC%)					
0% xilanas	17.58	17.25	17.89	17.13	17.81
0.05% xilanas ^c	17.83	17.96	17.44	17.68	17.99

[†]GSDS= granos secos de destilería con solubles, iniciación y crecimiento (28.6% PC) y desarrollo (28% PC). [‡]Las dietas con los cinco niveles de GSDS eran sin y con enzima. [§]Aporta por kilogramo de alimento: vitamina A, 9000 UI; vitamina D₃, 2500 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 3.0 mg; vitamina B₂, 8.0 mg; vitamina B₁₂, 0.015 mg; ácido pantoténico, 10 mg; ácido nicotínico, 60 mg; niacina, 40 mg; ácido fólico, 0.5 mg; colina (cloruro de colina), 300 mg; D-biotina, 0.055 mg; tiamina, 2.0 mg; hierro, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganeso, 100 mg; cobre, 9.0 mg; selenio, 0.3 mg; yodo, 0.9 mg. ^bFNDARFP= Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero; Precio mercado en México 20 diciembre 2019, MXN \$ por USD = 18.70. ^cXilanas (EC 3.2.1.8), 40 000 UI g⁻¹, proveedor DUPONT-DANISCO ANIMAL NUTRITION, México; EM, energía metabolizable; PC, proteína cruda. ^d (DDGS) GSDS = distillers dried grains with solubles, starters and growth (28.6% PC) and development (28% PC). Xilanas = xylanase. ^eThe diets with the five levels of DDGS were without and with the enzyme. ^fContributes per kilogram of food: vitamin A, 9000 IU; vitamin D₃, 2500 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 3.0 mg; vitamin B₂, 8.0 mg; vitamin B₁₂, 0.015 mg; pantothenic acid, 10 mg; nicotinic acid, 60 mg; niacin, 40 mg; folic acid, 0.5 mg; choline (choline chloride), 300 mg; D-biotin, 0.055 mg; thiamine, 2.0 mg; iron, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganese, 100 mg; copper, 9.0 mg; selenium, 0.3 mg; iodine, 0.9 mg. ^bFNDARFP= Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero; Market price in Mexico December 20, 2019, MXN \$ per USD = 18.70. ^cXylanase (EC 3.2.1.8), 40 000 UI g⁻¹, DUPONT-DANISCO ANIMAL NUTRITION supplier, Mexico; EM, metabolizable energy; PC, crude protein.

et al., 2009). Las cantidades de sorgo y pasta de soya variaron al adicionar los niveles de GSDS en 0, 8, 16, 24 y 32% con dos concentraciones 0 y 0.05% de xilanas (40 000 UI g⁻¹). El tratamiento control fue la dieta que no contenía GSDS ni xilanas; el agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*. El costo de las dietas se obtuvo al multiplicar la cantidad de ingredientes por su precio. La iluminación artificial comenzó en la semana 18 con 12 h d⁻¹ de luz; a partir de la semana siguiente (19) se permitió un incremento semanal de 30 min de luz por día hasta alcanzar 16 ½ h d⁻¹ de luz.

amount of ingredients by their price. Artificial lighting started in week 18, with 12 h d⁻¹ light; beginning in week 19, a weekly increase of 30 min of light per day was allowed until reaching 16 ½ h d⁻¹ of light.

During the experiment, two batches of DDGS from the same supplier were used and each batch was randomly sampled to determine protein and amino acid content using the NIRS calibration equation (Table 3).

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales durante la etapa de postura (18-70 semanas de edad) de gallinas Bovans White (%).

Table 2. Composition of experimental diets (%) during the laying stage (age 18-70 weeks) of Bovans White hens.

Ingrediente					
GSDS (28% PC) [†]	0.00 [‡]	8.00 [‡]	16.00 [‡]	24.00 [‡]	32.00 [‡]
Sorgo (8% PC)	63.72	59.62	55.54	51.45	47.37
Pasta de soya (47% PC)	23.71	19.46	15.16	10.86	6.56
Aceite crudo de soya	0.83	1.11	1.41	1.70	1.99
DL-metionina (99%) [§]	0.35	0.34	0.32	0.31	0.30
L-lisina (54.6%) [§]	0.01	0.10	0.19	0.28	0.38
L-treonina (98.5%) [§]	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13
L-triptófano (99%) [§]	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04
CaCO ₃ (38%) [‡]	10.06	10.14	10.22	10.29	10.37
Fosfato dicálcico (18/21) [‡]	0.46	0.36	0.26	0.16	0.06
Vitaminas y minerales ^{††}	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Pigmento	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Alimento (\$ kg ⁻¹) ^{‡‡}	5.17	5.18	5.21	5.25	5.29
Análisis calculado (%)					
EM (kcal ⁻¹ kg)	2751	2751	2751	2751	2751
Proteína cruda	16.50	16.50	16.50	16.50	16.50
Fibra cruda	2.43	3.07	3.85	4.62	5.34
Calcio	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Fósforo disponible	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Lisina	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Metionina+Cistina	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Triptófano	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
Treonina	0.61	0.60	0.60	0.60	0.61
Nutrimento analizado (PC%)					
Lote 1 Xilanasa 0%	17.79	17.74	17.99	16.93	16.79
Lote 1 Xilanasa 0.05% ^{§§}	16.89	17.51	17.70	17.63	17.68
Lote 2 Xilanasa 0%	17.84	17.55	17.14	17.44	17.06
Lote 2 Xilanasa 0.05% ^{§§}	18.10	17.97	16.85	17.43	17.44

[†]GSDS= granos secos de destilería con solubles. [‡]Las dietas con los cinco niveles de GSDS eran sin y con enzima. [§]Porcentaje de pureza; [‡]38%= calcio; [‡]18%= fósforo y 21%= calcio. ^{††}Aporta por kilogramo de alimento: vitamina A, 9000 UI; vitamina D₃, 2500 UI; vitamina E, 20 UI; vitamina K, 3.0 mg; vitamina B₂, 8.0 mg; vitamina B₁₂, 0.015 mg; ácido pantoténico, 10 mg; ácido nicótico, 60 mg; niacina, 40 mg; ácido fólico, 0.5 mg; colina (cloruro de colina), 300 mg; D-biotina, 0.055 mg; tiamina, 2.0 mg; hierro, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganeso, 100 mg; cobre, 9.0 mg; selenio, 0.3 mg; yodo, 0.9 mg. ^{‡‡}FNDARFP= Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero; Precio mercado en México 20 diciembre 2019, MXN \$ por USD = 18.70. ^{§§}Xilanasa (EC 3.2.1.8), 40000 UI g⁻¹, proveedor DUPONT-DANISCO ANIMAL NUTRITION, México; EM, energía metabolizable; PC, proteína cruda. [♦]†(DDGS) GSDS = distillers dried grains with solubles. Xilanasa = xylanase. [‡]The diets with the five levels of DDGS were without and with enzyme. [§]Purity percentage; [‡]38%= calcium; [‡]18%= phosphorus and 21%= calcium. ^{††}Contributes per kilogram of food: vitamin A, 9000 IU; vitamin D₃, 2500 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K, 3.0 mg; vitamin B₂, 8.0 mg; vitamin B₁₂, 0.015 mg; pantothenic acid, 10 mg; nicotinic acid, 60 mg; niacin, 40 mg; folic acid, 0.5 mg; choline (choline chloride), 300 mg; D-biotin, 0.055 mg; thiamine, 2.0 mg; iron, 65.0 mg; zinc, 100 mg; manganese, 100 mg; copper, 9.0 mg; selenium, 0.3 mg; iodine, 0.9 mg. ^{‡‡}FNDARFP= Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero; Market price in Mexico December 20, 2019, MXN \$ per USD = 18.70. ^{§§}Xylanase (EC 3.2.1.8), 40000 UI g⁻¹, DUPONT-DANISCO ANIMAL NUTRITION supplier, Mexico; EM, metabolizable energy; PC, crude protein.

Durante el experimento se utilizaron dos lotes de GSDS del mismo proveedor y se hizo un muestreo al azar de cada lote para determinar contenido de proteína y aminoácidos por medio de la ecuación de calibración NIRS (Cuadro 3).

Variables productivas

Durante la crianza las variables de respuesta fueron: alimento consumido por ave (AC, g d⁻¹) semanal, peso vivo (PV, g) catorcenal y ganancia de peso (GP, g) catorcenal, conversión alimenticia (CA, kg alimento por GP). En la etapa de postura se midió cada semana desde la semana 21 a 73: alimento consumido por gallina (AC, g d⁻¹), conversión alimenticia (CA, kg de alimento por kg de huevo), porcentaje de postura (PP), masa de huevo de gallina (MH, g d⁻¹), peso del huevo (PH, g d⁻¹). Por último, se cuantificó el total de kg de huevo producido por ave (KHP, durante 364 d).

Variables de madurez sexual

De la semana 18 a 21 se evaluó madurez sexual con las siguientes variables: peso vivo de las aves (PV, g), edad al primer huevo (EPH, d), peso del primer huevo (PPH, g), edad del ave a 50% de postura (EAP, d) y peso del huevo al 50% de postura (PHP, g).

Variables de calidad de huevo

Para medir la calidad del huevo se tomaron cinco huevos por repetición de cada tratamiento en la semana 23, 47 y 72 del experimento, y se midió: la altura de albúmina (AA), unidades Haugh (UH) con un equipo Egg Multi Tester (QCM System, Technical Services y Supplies, Dunnington, Reino Unido), pigmentación de la yema (CY) con un aparato automático SSQ[®] que mide la coloración de la yema con base al abanico de DSM para yema y grosor de cascarón (GC), y para medir esta variable se utilizó un tornillo micrométrico.

Costo de una polla y costo de un kg de huevo

El costo de la polla (CP) se determinó al multiplicar el consumo de alimento por el costo de las dietas, mientras que el costo de un kg de huevo producido (CKHP) se calculó con la conversión alimenticia y el precio unitario de las dietas. En ambas variables el costo se expresó solo por concepto de alimentación.

Análisis estadístico

Para las variables de madurez sexual, costo de polla y KHP el diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo

Cuadro 3. Análisis de aminoácidos de los GSDS.

Table 3. Amino acid analysis of GSDS (DDGS).

Materia seca (%)	89.53	90.37
Aminoácidos	Lote 1 (%)	Lote 2 (%)
Metionina	0.553	0.577
Cistina	0.552	0.566
Metionina+Cistina	1.105	1.143
Lisina	0.840	0.807
Treonina	1.063	1.053
Triptófano	0.231	0.225
Arginina	1.245	1.282
Isoleucina	1.033	1.059
Leucina	3.314	3.368
Valina	1.365	1.396
Histidina	0.739	0.749
Fenilalanina	1.398	1.420

Productive variables

During rearing the response variables were feed consumed per hen (AC, g d⁻¹) weekly, fortnightly (every two weeks) live weight (PV, g) and fortnightly weight gain (GP, g), feed conversion (CA, kg feed per GP). In the laying stage, the following were measured each week from week 21 to 73: feed consumed per hen (AC, g d⁻¹), feed conversion (CA, kg feed per kg egg), laying percentage (PP), hen egg mass (MH, g d⁻¹), egg weight (PH, g d⁻¹). Finally, the total kg of egg produced per bird (KHP, for 364 d) was quantified.

Sexual maturity variables

From week 18 to 21, sexual maturity was evaluated with the following variables: live weight of the birds (PV, g), age at first egg (EPH, d), weight of the first egg (PPH, g), age of the bird at 50% of laying (EAP, d) and weight of the egg at 50% of laying (PHP, g).

Egg quality variables

To measure egg quality, five eggs per replicate were taken from each treatment at 23, 47 and 72 weeks of the experiment and the following was measured: albumen height (AA), Haugh units (UH) with an Egg Multi Tester (QCM System, Technical Services and Supplies, Dunnington, UK), yolk pigmentation (CY) with an automatic SSQ[®] device that measures yolk coloration based on the DSM yolk fan and eggshell thickness (GC), and a micrometer screw was used to measure this variable.

factorial 5 x 2 y los datos se analizaron con el PROC GLM del SAS (SAS Institute, Inc., 2011).

Para las variables desempeño productivo de la crianza y la postura, el CKHP y calidad de huevo el diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial 5 x 2. El análisis de varianza se realizó con el procedimiento MIXED de SAS. Las diferencias ($p \leq 0.05$) entre medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey (SAS Institute, Inc., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

Variables de madurez sexual

La adición de los GSDS no causó diferencias en los resultados de madurez sexual para PV ($p > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4). El manual de la línea Bovans White (Hendrix Genetics, 2015) recomendaba un PV mínimo de 1229 kg y máximo de 1292 kg a las 18 semanas. Las aves de nuestro estudio estuvieron dentro de dicho intervalo, lo cual indica que las concentraciones de GSDS cubrieron los requerimientos nutrimentales de las pollas. Para alcanzar la madurez sexual se requieren los nutrientes adecuados para un buen desarrollo corporal, el emplumado y formación del aparato reproductivo, y evitar una reducción en su crecimiento (Braz *et al.*, 2011).

Cost per one pullet and cost per one kg of egg

The cost of the pullet (CP) was determined by multiplying feed consumption by the cost of the diets, while the cost of one kg of egg produced (CKHP) was calculated with feed conversion and the unit price of the diets. In both variables the cost was expressed for feed only.

Statistical analysis

For the variables of sexual maturity, pullet cost and KHP, the experimental design was completely randomized with a 5 x 2 factorial arrangement and the data were analyzed with PROC GLM of SAS (SAS Institute, Inc., 2011).

For the variables of productive performance at rearing and laying, CKHP and egg quality, the experimental design was completely randomized with a 5 x 2 factorial arrangement. Differences ($p \leq 0.05$) among treatment means were compared with Tukey test (SAS Institute, Inc., 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

Sexual maturity variables

The addition of DDGS caused no differences in sexual maturity results for PV ($p > 0.05$) among

Cuadro 4. Influencia de los niveles de GSDS y xilanasa en la madurez sexual de gallinas Bovans White en etapas de postura.
Table 4. Influence of GSDS (DDGS) and xylanase levels on sexual maturity of Bovans White laying hens.

GSDS (%)	PV (g)	EPH (d)	PPH (g)	EAP (d)	PHP (g)
0	1297	144	38.4	155	44.9
8	1272	144	40.0	153	44.7
16	1268	147	39.5	154	44.9
24	1281	143	38.2	152	44.2
32	1268	142	38.4	152	45.3
EEM	2.51	0.56	0.16	0.40	0.11
Xilanasa (%)					
0	1286.8	145.1	38.9	154	44.8
0.05	1267.3	143.5	38.8	153	44.8
EEM	2.75	0.22	0.05	0.04	0.02

PV, peso vivo; EPH, edad al primer huevo; PPH, peso del primer huevo; EAP, edad del ave al 50% de postura; PHP, peso del huevo al 50% de postura; GSDS, granos secos de destilería con solubles. EEM, error estándar de la media. ♦PV, live weight; EPH, age at first egg; PPH, first egg weight; EAP, age of bird at 50% of laying; PHP, egg weight at 50% of laying; GSDS, distillers dried grains with solubles; xilanasa = xylanase; EEM, standard error of the mean.

La inclusión de los GSDS no modificó la EPH y PPH ($p>0.05$) con un promedio de 144 d y 40 g respectivamente. Estos resultados no coincidieron con el manual ISA (Hendrix Genetics, 2015) el cual mencionaba que las aves rompen postura en la semana 19 con un PPH de 43.7 g. En EAP no hubo diferencias ($p>0.05$), con una media de 152 a 155 d, lo cual coincidió con lo reportado en el manual de la línea, pero el PHP (45.3 g) fue 4.2 g menor respecto a la guía Bovans White. Estas diferencias en EPH, PPH y PHP se atribuyeron a los contrastes de ingesta de PC y EM en las dietas de cada investigación (Li *et al.*, 2013).

La inclusión exógena de xilanasa no cambió ($p>0.05$) las variables de madurez sexual. Durante la crianza la actividad enzimática se debe a los ingredientes de la dieta, así como su contenido de PNA (Slominski, 2011), lo cual sugiere que durante esta etapa la adición de xilanasa en dietas con sorgo, pasta de soya y GSDS, no resultó un beneficio para esas variables.

VARIABLES PRODUCTIVAS

La adición de los GSDS no causó diferencias en AC ($p>0.05$) durante la crianza (Cuadro 5) y la postura (Cuadro 6) lo cual se atribuyó a que las dietas eran isoenergéticas, y las aves ajustaron su consumo de alimento al nivel de energía que requerían (Lesson y Summers, 2005). La enzima no influyó en el AC ($p>0.05$) durante la crianza, pero en la postura tuvo un efecto positivo al disminuir el AC en 0.75% ($p\leq 0.05$), porque las enzimas liberan energía adicional bloqueada por arabinosilanos (AX) (Abd El-Hack *et al.*, 2019).

Durante la postura en AC hubo diferencias ($p\leq 0.05$) como resultado de la interacción GSDS x xilanasa. El valor más alto de ingesta diaria fue con la combinación de 0, 8 y 32% de GSDS y 0% enzima, mientras que el consumo menor se encontró con 0, 16, 24 y 32% de GSDS y 0.05% de enzima. Entonces, durante la postura la xilanasa ayudó a disminuir el AC en dietas con base en sorgo-pasta de soya y sorgo-pasta de soya-GSDS.

Los niveles de GSDS no causaron diferencias ($p>0.05$) en PV durante la crianza (Cuadro 5), debido a la influencia de la concentración energética de las dietas (Cuadro 1 y 2) (Lesson y Summers, 2005). La enzima tampoco influyó ($p>0.05$) en el PV porque

treatments (Table 4). The Bovans White line manual (Hendrix Genetics, 2015) recommended a minimum PV of 1229 kg and a maximum of 1292 kg at 18 weeks. The birds in our study were within this range, which indicates that the DDGS concentrations covered the nutritional requirements of the pullets. In order to reach sexual maturity, adequate nutrients are required for good body development, feathering and formation of the reproductive apparatus, and to avoid a reduction in growth (Braz *et al.*, 2011).

The addition of DDGS did not modify EPH and PPH ($p>0.05$) with an average of 144 d and 40 g respectively. These results did not match the ISA manual (Hendrix Genetics, 2015), which indicated that birds break laying at week 19 with a PPH of 43.7 g. In EAP, there were no differences ($p>0.05$), with a mean of 152 to 155 d, which matched what was reported in the line manual, but the PHP (45.3 g) was 4.2 g lower with respect to the Bovans White guide. These differences in EPH, PPH and PHP were attributed to the contrasting CP and ME intakes in the diets of each research (Li *et al.*, 2013).

The exogenous inclusion of xylanase did not change ($p>0.05$) sexual maturity variables. During rearing, the enzyme activity is due to the diet ingredients, as well as its PNA content (Slominski, 2011), suggesting that during this stage the addition of xylanase in diets with sorghum, soybean paste and DDGS, was not a benefit for those variables.

PRODUCTIVE VARIABLES

The addition of DDGS did not cause difference in AC ($p>0.05$) during rearing (Table 5) nor laying (Table 6), which was attributed to the fact that the diets were isoenergetic, and the birds adjusted their feed intake to the energy level they required (Lesson and Summers, 2005). The enzyme did not influence AC ($p>0.05$) during rearing, but in laying it had a positive effect by decreasing AC by 0.75% ($p\leq 0.05$), because enzymes release additional energy blocked by (AX) arabinosylans (Abd El-Hack *et al.*, 2019).

During laying, there were differences ($p\leq 0.05$) in AC as a result of the (DDGS) GSDS x xylanase interaction. The highest value of daily intake was with the combination of 0, 8, and 32% DDGS and 0% enzyme, while the lowest intake was found with 0, 16, 24, and 32% DDGS and 0.05% enzyme. Thus, during laying, xylanase helped to decrease AC in

Cuadro 5. Medias de mínimos cuadrados del análisis de varianza en pollas Bovans White, durante 18 semanas de experimentación (%).

Table 5. Least square means of the analysis of variance in Bovans White pullets, during 18 weeks with experimental diets.

Tratamientos	AC (g)	PV (g)	GP (g)	CA	CPP
GSDS %					
0	337.3	758.4	121.7	3.25	30.24b
8	342.6	748.1	116.1	3.38	30.23b
16	343.6	751.3	116.2	3.49	30.84ab
24	340.3	751.1	119.3	3.23	31.03ab
32	337.7	741.4	116.6	3.73	31.48a
EEM	3.40	4.04	1.58	0.21	0.13
Xilanasa %					
0	340.9	747.9	117.2	3.50	32.34
0.05	342.4	752.2	118.8	3.33	32.51
EEM	1.39	2.20	1.0	0.13	0.91
Interacciones					
GSDS x xilanasa	NS	p≤0.058	NS	NS	NS

Medias con letra distinta entre columna son diferentes ($p \leq 0.05$). AC, alimento consumido; PV, peso vivo; GP, ganancia de peso; CA, conversión alimenticia; CPP, costo de producción por polla; EEM, error estándar de la media; GSDS, granos secos de destilería con solubles; NS, no significativo ($p > 0.05$). ♦ Means with different letter among rows are different ($p \leq 0.05$). AC, feed consumed; PV, live weight; GP, weight gain; CA, feed conversion; CPP, cost of production per pullet; EEM, standard error of the mean; GSDS, distillers dried grains with solubles; xilanasa = xylanase; NS, not significant ($p > 0.05$).

Cuadro 6. Efecto de los niveles (%) de granos secos de destilería con solubles y xilanasa en el comportamiento productivo de gallinas Bovans White en 22 a 73 semanas con dietas experimentales.

Table 6. Effect of levels (%) of distillers dried grains with solubles and xylanase on productive behavior of Bovans White hens during 22 to 73 weeks with experimental diets.

GSDS (%)	AC Ave d ⁻¹ g ⁻¹	PP (%)	PH (g)	CA (g)	MH (g)	KHP (kg)	CKHP \$
0	106.8	92.2a	59.9abc	1.9b	55.3a	20.145a	10.00d
8	107.1	91.3ab	60.3a	1.9b	55.1ab	20.031a	10.14c
16	106.3	90.6bc	60.20ab	1.9b	54.4bc	19.815a	10.23c
24	105.7	90.2bcd	59.2cd	1.9b	53.4d	19.472ab	10.44b
32	106.6	87.5e	58.8d	2.1a	51.1e	18.736b	11.04a
EEM	0.36	0.58	0.31	0.02	0.33	0.64	0.03
Xilanasa (%)							
0	106.9a	89.7b	59.8a	2.0a	53.6a	20.160a	10.47a
0.05	106.1b	91.0a	59.5a	1.9b	54.3b	19.861a	10.27b
EEM	0.23	0.36	0.19	0.01	0.20	0.40	0.08
Interacción							
GSDS x xilanasa	p≤0.05	p≤0.05	NS	NS	NS	NS	NS

Medias con letra distinta entre columna son diferentes ($p \leq 0.05$). GSDS, granos secos de destilería con solubles; AC, alimento consumido; PP, porcentaje de postura; PH, peso de huevo; CA, Conversión alimenticia, (g alimento g⁻¹ huevo); MH, masa de huevo; KHP, kg de huevo producido; CKHP, costo de un kg de huevo producido. EEM, error estándar de la media; NS, no significativo ($p > 0.05$). ♦ Means with different letters among rows are different ($p \leq 0.05$). GSDS, distillers dried grains with solubles; xilanasa = xylanase; AC, feed consumed; PP, percentage of laying; PH, egg weight; CA, Feed conversion, (g feed g⁻¹ egg); MH, egg mass; KHP, kg egg produced; CKHP, cost of one kg of egg produced. EEM, standard error of the mean; NS, not significant ($p > 0.05$).

durante la crianza la eficiencia de la enzima depende del contenido de PNA de los ingredientes sobre los que ésta actuará (Slominski, 2011).

Durante la crianza los niveles de GSDS no cambiaron ($p > 0.05$) la GP (Cuadro 5), lo cual se atribuyó a la calidad de la proteína de los GSDS (contenido y estabilidad de aminoácidos) (Cuadro 3). Esto se logra con las nuevas y mejores técnicas de extracción de etanol en las instalaciones modernas, que se relacionan con un secado más suave al no utilizar temperaturas elevadas causantes de la unión del grupo amino al aldehído. Eso resultaba en la formación un compuesto complejo el cual hacía indigerible la proteína para el ave (Światkiewicz *et al.*, 2013). La xilanasa tampoco modificó la GP porque el PV no varió, de acuerdo con Oliveira *et al.* (2019) quienes no encontraron que la enzima modificara estas variables en pollas de 7 a 17 semanas.

En PV se encontró diferencia ($p \leq 0.05$) en la interacción GSDS \times xilanasa y el valor más bajo se detectó al utilizar 8 y 32% de GSDS sin enzima. Respecto al primer nivel Abd El-Hack (2015; 2019) mostró que al añadir menos del 10% de GSDS con enzimas esta variable no cambió. En cuanto al nivel de 32% sin enzima, el bajo PV se atribuyó al contenido de fibra alto de las dietas (Cuadro 1). En conclusión, la adición de este nivel de la enzima ya no mejoró la digestibilidad de los nutrientes.

En PP las gallinas alimentadas con 0 y 8% de GSDS tuvieron el mejor PP y al aumentar su nivel en la dieta (16, 24 y 32%), la producción de huevo tuvo decrementos respectivos de 1.7, 2.1 y 5.0% ($p \leq 0.05$) en comparación con el control (Cuadro 6). Esto se atribuye a que el aumento del nivel de GSDS incrementó la fibra en las dietas (Cuadro 2) y con ello los PNS, lo cual aumentó la viscosidad de la digesta y disminuyó la absorción de nutrientes (Abd El-Hack *et al.*, 2017). Lo anterior coincide con Deniz *et al.* (2013), quienes encontraron que el PP disminuyó con 15.5 y 20% de GSDS porque en ambos experimentos el contenido de fibra aumentó (Cuadro 2) al adicionar los GSDS. La inclusión de xilanasa en las dietas mejoró el PP en 1.4% ($p \leq 0.05$) porque la función de la enzima es romper la pared celular de los arabinosanos e hidrolizarlos en arabinosa y xilosa, lo cual significa disponibilidad de energía (Khusheeba y Maqsood, 2013). Esto no coincide con Abd El-Hack *et al.* (2017) quienes no encontraron diferencias en PP al adicionar enzimas, debido a que ellos

diets based on sorghum-soybean paste and sorghum-soybean paste with DDGS.

DDGS levels did not cause differences ($p > 0.05$) in PV during rearing (Table 5), due to the influence of the energy concentration of the diets (Table 1 and 2) (Lesson and Summers, 2005). The enzyme neither influenced ($p > 0.05$) on PV because during rearing the efficiency of the enzyme depends on the PNA content of the ingredients on which it will act (Slominski, 2011).

During rearing, DDGS levels did not change ($p > 0.05$) GP (Table 5), which was attributed to the protein quality of the DDGS (amino acid content and stability) (Table 3). This is achieved by new and improved ethanol extraction techniques in modern facilities, which are related to lighter drying with not so high temperatures that would cause binding of the amino group to the aldehyde. That resulted in the composition of a complex compound making the protein indigestible to the bird (Światkiewicz *et al.*, 2013). Xylanase also did not modify GP because PV did not vary, according to Oliveira *et al.* (2019) who did not find that the enzyme modified these variables in 7- to 17-week-old pullets.

In PV, difference ($p \leq 0.05$) was found in the (DDGS) GSDS \times xylanase interaction and the lowest value was detected when using 8 and 32% DDGS without enzyme. Regarding the first level Abd El-Hack (2015; 2019) showed that when adding less than 10% DDGS with enzymes this variable did not change. In regard to the 32% level without enzyme, the low PV was attributed to the high fiber content of the diets (Table 1). It could be concluded that the addition of this level of enzyme no longer improved nutrient digestibility.

In PP, the hens fed with 0 and 8% DDGS had the best PP and as their level in the diet increased (16, 24 and 32%), egg production decreased 1.7, 2.1, and 5.0% respectively ($p \leq 0.05$) compared to the control (Table 6). This is attributed to the fact that increasing the level of DDGS increased fiber in the diets (Table 2) and PNS, which increased digesta viscosity and decreased nutrient absorption (Abd El-Hack *et al.*, 2017). The aforementioned agrees with Deniz *et al.* (2013), who found that PP decreased with 15.5 and 20% DDGS because in both experiments, fiber content increased (Table 2) upon addition of DDGS. The inclusion of xylanase in the diets improved PP by 1.4% ($p \leq 0.05$) because the function of the

utilizaron otra enzima y concentraciones diferentes a las de nuestra investigación.

En PP la interacción GSDS \times xilanasa fue significativa ($p \leq 0.05$) y la combinación de 0, 8, 16 y 24% con xilanasa mejoró esta variable, mientras que disminuyó con 8, 16, 24 y 32% sin enzima. Por lo tanto, se puede concluir que la xilanasa hidrolizó enlaces de hidratos de carbono hasta 24% de GSDS para aumentar la disponibilidad y mejorar la producción de huevo (Khusheeba y Maqsood, 2013).

Los niveles de GSDS 0, 8, 16 y 24% no afectaron el PH, pero al incluir 32% de GSDS el PH disminuyó 1.1 g ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6). Esto no coincide con Abd El-Hack *et al.* (2019), quienes al añadir 6, 12 y 18% de GSDS encontraron que el PH disminuyó respecto al control. Esto sucedió porque al agregar los GSDS aumentó el AC y con ello el contenido de FC (Cuadro 2), lo cual incrementó la pérdida endógena de nitrógeno y se redujo la digestibilidad aparente de las proteínas, un factor importante para PH. En cambio, nuestros resultados no mostraron diferencias de AC entre tratamientos. La suplementación enzimática no influyó en el PH ($p > 0.05$) lo cual coincide con Ghazalah *et al.* (2011) quienes adicionaron enzimas en dietas con 7, 15 y 23% y el PH no mejoró porque no aumentó el coeficiente de digestibilidad de PC. Así, en nuestra investigación, la xilanasa utilizada no influyó en la digestibilidad de PC.

Los niveles de GSDS no modificaron la CA ($p > 0.05$) durante la crianza (Cuadro 5) porque no hubo diferencias en AC y GP. Pero en la postura 32% de GSDS tuvo un efecto negativo en CA al aumentar 5% ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6) respecto al control. Esta variable se obtiene al dividir el AC y el PH, y la variable CA se afectó al disminuir el PH en 2.5% y con 32% de GSDS. Deniz *et al.* (2013) encontraron que más de 20% de GSDS redujo el PH y AC, lo cual empeoró la CA. La xilanasa modificó positivamente la CA al disminuirla en 5% ($p \leq 0.05$) y esto se atribuye a que la enzima disminuyó el AC ($p \leq 0.05$). Abd El Hack *et al.* (2015) incluyeron 0, 25, 50 y 75% de GSDS y 0 y 250 mg kg⁻¹ de un cóctel de enzimas Gallazyme® (β -glucanasa, xilanasa, celulasa, proteasa y amilasa) y encontraron que la CA no se modificó.

A partir de 16% de GSDS la MH se redujo ($p \leq 0.05$) respecto al control (Cuadro 6), lo cual coincide con Abd El-Hack *et al.* (2019) quienes encontraron que 18% de GSDS tuvo un efecto negativo

enzyme is to break the cell wall of arabinoxylans hydrolyzing them into arabinose and xylose, which means energy availability (Khusheeba and Maqsood, 2013). This does not agree with Abd El-Hack *et al.* (2017) who did not found difference in PP when adding enzymes, because they used another enzyme and different concentrations to those in our research.

In PP the (DDGS) GSDS \times xylanase interaction was significant ($p \leq 0.05$) and the combination of 0, 8, 16 and 24% with xylanase improved this variable, while it decreased with 8, 16, 24, and 32% without enzyme. Therefore, it can be concluded that xylanase hydrolyzed carbohydrate-bonds up to 24% DDGS to increase availability and improve egg production (Khusheeba and Maqsood, 2013).

DDGS levels 0, 8, 16, and 24% did not affect PH, but by including 32% DDGS PH decreased 1.1 g ($p \leq 0.05$) (Table 6). This did not concur with Abd El-Hack *et al.* (2019), who found that PH decreased compared to the control when adding 6, 12, and 18% DDGS. This happened because adding DDGS increased the AC and with it the FC content (Table 2), which also increased endogenous nitrogen loss, and reduced apparent protein digestibility, an important factor for PH. In contrast, our results showed no difference in AC among treatments. Enzyme supplementation did not influence PH ($p > 0.05$) which agrees with Ghazalah *et al.* (2011) who added enzymes in diets with 7, 15, and 23% and PH did not improve because the coefficient of PC digestibility did not increase. Thus, in our research, the xylanase used did not influence PC digestibility.

DDGS levels did not modify CA ($p > 0.05$) during rearing (Table 5) because there was no difference in AC and GP. But at laying, 32% DDGS had a negative effect on CA by increasing 5% ($p \leq 0.05$) (Table 6) compared to the control. This variable is obtained by dividing AC and PH, and the variable CA was affected by decreasing PH by 2.5% and with 32% DDGS. Deniz *et al.* (2013) found that more than 20% DDGS reduced PH and AC, which made CA even worse. Xylanase positively modified CA by decreasing it by 5% ($p \leq 0.05$) and this was explained because the enzyme decreased AC ($p \leq 0.05$). Abd El Hack *et al.* (2015) included 0, 25, 50, and 75% DDGS and 0 and 250 mg kg⁻¹ of a Gallazyme™ enzyme cocktail (β -glucanase, xylanase, cellulase, protease and amylase) and found that CA was not modified.

en MH, y en ambas investigaciones disminuyó el PP y PH, variables con las cuales se obtiene MH. Pero al agregar xilanasa la MH mejoró ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6), ya que la enzima ayudó a mejorar PP, pero no PH; esto indica que la energía liberada por la enzima de los PNA fue suficiente para favorecer la MH (Leeson y Summers, 2005).

El KHP se redujo con 32% de GSDS ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6) respecto al control, con una diferencia de 1409 kg por ave alojada, lo cual sugiere que la inclusión de GSDS no cubrió los requerimientos nutricionales que las aves necesitaban, para mantener el PP, PH, MH y AC. La adición de la xilanasa a la dieta de las gallinas no modificó el KHP ($p > 0.05$); esto se esperaba, porque de manera similar la enzima no aumentó el PH (Cuadro 6).

Costo de polla y costo de un kg de huevo

La adición de los GSDS aumentó el costo de producción ($p \leq 0.05$) de una polla de recría (Cuadro 5) y el CKHP (Cuadro 6), lo cual se justifica con el precio alto de los GSDS en el año 2019 en México (FNDARFP, 2019) y la mala CA. Investigaciones de Masádeh *et al.* (2011) y Abd El-Hack *et al.* (2015) demostraron que el uso de GSDS en la avicultura disminuía el costo de las dietas porque el precio de este subproducto era bajo; pero desde el 2019 la demanda aumentó el valor de GSDS. La inclusión de la enzima durante la crianza no disminuyó el costo de producción de las pollas ($p > 0.05$) porque no se encontraron diferencias en CA, pero sí disminuyó el CKHP ($p \leq 0.05$) debido a que éste tuvo una influencia positiva en la CA.

Calidad de huevo

Los niveles de GSDS en la dieta y la adición de la enzima no tuvieron efecto en AA y GC ($p > 0.05$) (Cuadro 7). Masádeh *et al.* (2011) obtuvieron resultados similares con 25% de GSDS e indicaron que no hubo cambios en AA y GC. Los tratamientos con 16, 24 y 32% de GSDS causaron un aumento positivo ($p \leq 0.05$) en UH (Cuadro 7) y ésta disminuyó con 0 y 8% de GSDS. La mejora de UH se atribuye a que los GSDS son deficientes en lisina, lo cual llevó al aumento de lisina sintética en las dietas (Cuadro 2). Cantidades altas de lisina cambiaron las concentraciones de proteína y sólidos totales

At 16% DDGS and on, MH was reduced ($p \leq 0.05$) respect to the control (Table 6), which agrees with Abd El-Hack *et al.* (2019) who found that 18% DDGS had a negative effect on MH, and in both studies PP and PH decreased; these are variables from which MH is obtained. However, adding xylanase improved MH ($p \leq 0.05$) (Table 6), since the enzyme helped to improve PP, but not PH; this indicates that the energy released by the enzyme from PNA was enough to favour MH (Leeson and Summers, 2005).

KHP was reduced with 32% DDGS ($p \leq 0.05$) (Table 6) regarding the control, with a difference of 1409 kg per hen, suggesting that the inclusion of DDGS did not cover the nutritional requirements that the birds needed to maintain PP, PH, MH and AC. The addition of xylanase to the diet for hens did not modify KHP ($p > 0.05$); this was expected, because the enzyme similarly did not increase PH (Table 6).

Cost per pullet and cost per one kg of egg

The addition of DDGS increased the cost of production ($p \leq 0.05$) of a rearing pullet (Table 5) and CKHP (Table 6), which is justified with the high price of DDGS in 2019 in Mexico (FNDARFP, 2019) and poor CA. Research by Masádeh *et al.* (2011) and Abd El-Hack *et al.* (2015) showed that the use of DDGS in poultry farming decreased the cost of diets because the price of this by-product was low; but since 2019 the demand increased the value of DDGS. The inclusion of the enzyme during rearing did not decrease the production cost of pullets ($p > 0.05$) because no difference in CA was found, but the added enzyme did decrease CKHP ($p \leq 0.05$) because it had a positive influence on CA.

Egg quality

The levels of DDGS in the diet and the addition of the enzyme had no effect on AA and GC ($p > 0.05$) (Table 7). Masádeh *et al.* (2011) obtained similar results with 25% DDGS and indicated that there was no change in AA and GC. Treatments with 16, 24 and 32% DDGS caused a positive increase ($p \leq 0.05$) in UH (Table 7) and it decreased with 0 and 8% DDGS. The improvement in UH is attributed to DDGS being deficient in lysine, which led to the

Cuadro 7. Efecto de los niveles de granos secos de destilería con solubles y xilanasa en la calidad de huevo de gallinas Bovans White en 23, 47 y 72 semanas de experimentación.

Table 7. Effect of levels of distillers dried grains with solubles and xylanase on egg quality of Bovans White hens at 23, 47, and 72 weeks with experimental diet.

GSDS (%)	AA (mm)	GC (micrones)	UH	CY
0	7.3	456	82.9bcd	4.2e
8	7.2	463	81.3d	6.0d
16	7.1	466	83.9a	6.7c
24	7.0	456	83.2abc	7.5b
32	7.0	460	83.7ab	8.0a
EEM	0.27	0.12	0.61	0.09
Xilanasa (%)				
0	7.3	462	84.4a	6.83a
0.05	7.0	459	81.5b	6.21b
EEM	0.17	0.07	0.38	0.05

GSDS, granos secos de destilería con solubles; AA, altura de albúmina; GC, grosor de cascarón; UH, unidades Haugh; CY, color de yema, Escala de Roche. Medias con letra distinta entre columna son diferentes ($p \leq 0.05$). EEM, error estándar de la media. ♦ DDGS, distillers dried grains with solubles; xilanasa = xylanase; AA, albumen height; GC, shell thickness; UH, Haugh units; CY, yolk color, Roche Scale. Means with different letter among rows are different ($p \leq 0.05$). EEM, standard error of the mean.

de los componentes del huevo, lo cual sugiere que este aminoácido sintético tiene efectos positivos en el estado físico de la albúmina del huevo (Sun, 2013).

La adición de xilanasa tuvo un efecto negativo las UH ($p \leq 0.05$), lo cual no coincide con Abd El-Hack *et al.* (2015) quienes reportaron que al incluir un suplemento enzimático las UH mejoran. Pero Ghazalah *et al.* (2011) no encontraron efecto en las UH del huevo al añadir la enzima en la dieta de aves.

El CY mostró un aumento lineal en la escala de Roche al incrementar los niveles de GSDS en la dieta ($p \leq 0.05$; Cuadro 7), pues como coproducto los GSDS concentraron los pigmentos del maíz (xantofilas) (Yildiz *et al.*, 2018; Niemiec *et al.*, 2013) y esto ayudó a disminuir el pigmento sintético en la dieta y con ello su precio. El CY disminuyó ($p \leq 0.05$) con la adición de xilanasa, para lo cual no se encontró información que lo sustente. Abd El-Hack *et al.* (2019) encontraron que la adición de xilanasa mejoró la pigmentación del huevo, para lo cual utilizaron la escala de color hunter L, a, b, con un medidor de color Minolta®; al respecto, en nuestro estudio el aparato utilizado se basa en la escala de Roche con el Egg Multi Tester.

increase in synthetic lysine in the diets (Table 2). High amounts of lysine changed the protein and total solids concentrations of egg components, suggesting that this synthetic amino acid has positive effects on egg albumen fitness (Sun, 2013).

The addition of xylanase had a negative effect on UH ($p \leq 0.05$), which does not agree with Abd El-Hack *et al.* (2015) who reported that including an enzyme supplement improved UH. But Ghazalah *et al.* (2011) found no effect on egg UH by adding the enzyme to the poultry diet.

CY showed a linear increase on the Roche scale by increasing DDGS levels in the diet ($p \leq 0.05$; Table 7), since as a co-product DDGS concentrated corn pigments (xanthophylls) (Yildiz *et al.*, 2018; Niemiec *et al.*, 2013) and this helped to decrease the synthetic pigment in the diet and thus its price. CY decreased ($p \leq 0.05$) with the addition of xylanase, for which no supporting data was found. Abd El-Hack *et al.* (2019) found that the addition of xylanase improved egg pigmentation, for which they used the hunter color scale L, a, b, with a Minolta™ color meter; in this regard, in our study the equipment used is based on the Roche scale with the Egg Multi Tester.

CONCLUSIONES

En la etapa de crianza se pueden utilizar hasta 32% de granos secos de destilería con solubles sin afectar las variables productivas y la madurez sexual, por lo cual podrían ser una alternativa en los períodos de escasez de pasta de soya. La xilanasa no debe usarse en las pollas cuando la dieta es con base en granos secos de destilería, pasta de soya y sorgo, porque no influyó en las variables productivas, la madurez sexual y no disminuyó el costo de la polla.

Para la etapa de postura se puede incluir hasta 8% de granos secos de destilería en la dieta, porque niveles mayores mostraron efectos negativos sobre las variables productivas y aumentaron el costo de producción de huevo. La adición de xilanasa mejoró la respuesta productiva del alimento consumido, porcentaje de postura, conversión alimenticia y masa de huevo; además indujo un beneficio económico.

Respecto a calidad huevo, la inclusión de los granos secos de destilería y la xilanasa en la dieta tuvo efecto positivo en las unidades Haugh y el color de la yema.

LITERATURA CITADA

- Abd El-Hack, M. E., M. Alagawany, V. Laudadio, R. Demauro, and V. Tufarelli. 2015. Dietary inclusion of raw faba bean instead of soybean meal and enzyme supplementation in laying hens: Effect on performance and egg quality. *Saudi J. Biolog. Sci.* 1–10.
- Abd El-Hack, M. E., S. A. Mahgoub, M. Alagawany, and E. A. Ashour. 2017. Improving productive performance and mitigating harmful emissions from laying hen excreta via feeding on graded levels of corn DDGS with or without *Bacillus subtilis* probiotic. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 904–913.
- Abd El-Hack, M. E., M. M. Khalid, A. M. Faten, A. A. Swelum, A. E. Taha, R. S. Shewita, O. S. El-Sayed and A. N. Alowaimer. 2019. Laying performance, physical, and internal egg quality criteria of hens fed distillers dried grains with solubles and exogenous enzyme mixture. *Animals*. 7: 1-17.
- Alagawany, M., Sh. S. Elnesr, and M. R. Farag. 2018. The role of exogenous enzymes in promoting growth and improving nutrient digestibility in poultry. *JVR*. 19: 157-164.
- Braz, N de M., F. Urgencias, R. M. Bezerra, C. E. Cruz, N. N. Farias, N. M. Silva, N. L. Sá, and R. P Xavier. 2011. Fibra na ra'õ de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. *Rev. Brasil. Zootec.* 40: 2744-2753.
- Choct, M. 2015. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. *Anim. Prod. Sci.* 55:1360-1366.
- Cuca, G. M., E. Ávila. G, y A. Pró M. 2009. Alimentación de las Aves. Universidad Autónoma Chapingo. pp: 37–154.

CONCLUSIONS

In the rearing stage, up to 32% of distillers dried grains with solubles can be used without affecting productive variables and sexual maturity, which could be an alternative in periods of soybean paste shortage. Xylanase should not be used in pullets when the diet is based on distillers dried grains, soybean paste or sorghum paste, because it did not influence productive variables, sexual maturity and did not decrease the cost of the pullet.

At the laying stage, up to 8% of distillers dried grains can be included in the diet, because there was evidence that higher levels caused negative effects on productive variables and increased the cost of egg production. The addition of xylanase improved the productive response of the feed consumed, laying percentage, feed conversion and egg mass; it also induced an economic benefit.

Regarding egg quality, the inclusion of distillers dried grains and xylanase in the diet had a positive effect on Haugh units and yolk color.

—End of the English version—



- De Blas, C., G. G. Mateos, y P. García-Rebollar. 2019. Tablas FEDNA de Composición y Valor Nutritivo de Alimentos para la Fabricación de Piensos Compuestos (3ª edición). FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 502 p.
- Deniz, G., H. Gencoglua, S. Gezena, I. Turkmena, A. Ormanb, and C. Karaa. 2013. Effects of feeding corn distiller's dried grains with solubles with and without enzyme cocktail supplementation to laying hens on performance, egg quality, selected manure parameters, and feed cost. *Livestock Sci.* 152: 174–181.
- Hendrix Genetics. 2015. ISA A Company. <http://www.isapoultry.com/es-ES/Products/Bovans/BovansWhite.aspx> (Consulta: junio 2019).
- FNDARFP. (Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario Rural, Forestal y Pesquero). 2019. Precio granos. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/precios-de-productos-e-insumos-agropecuarios-y-forestales> (Consulta: mayo 2020).
- Ghazalah, A., M. Abd-Elsamee, and E. Moustafa. 2011. Use of distillers dried grains with soluble as replacement for soybean meal in laying hen diets. *Intl. J. Poult. Sci.* 10: 505–513.

- Khusheeba, M., and S. Maqsood. 2013. A review on role of exogenous enzyme supplementation in poultry production. *J. Food Agric.* 25: 66–80.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3th ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. pp: 124–161.
- Li, F., L. M. Zhang, X. H. Wu, C. Y. Li, X. J. Yang, Y. Dong, A. Lemme, J. C. Han, and J. H. Yao. 2013. Effects of metabolizable energy and balanced protein on egg production, quality, and components of Lohmann Brown laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 22: 36–46.
- Liu, K. 2012. *Chemical Composition of DDGS. Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp: 143-178.
- Masa'adeh, M., E. Purdum, and J. Hanford. 2011. Dried distillers grains with solubles in laying hen diets. *Poult. Sci.* 90: 1960–1966.
- Niemiec, J., J. Riedel, T. Szulc, and M. Stepiński. 2013. Feeding corn distillers dried grains with solubles (ddgs) and its effect on egg quality and performance of laying hens. *Annals Anim. Sci.* 13: 97–107.
- NRC (National Research Council). 1994. *Nutrient requirements of poultry*. National Academy of Sciences. Washington, National Academy Press 2101 Constitution Avenue, NW Washington, D.C. 20418, U.S.A. 176 p.
- Oliveira, A. A., G. Jeronimo, E. Rodrigues, D. Herick and M. Oliveira. 2019. Performance of lightweight replacement pullets fed rations with sunflower cake and the addition of enzymes. *Pesq. Agropec. Bras.* 54: 1-9.
- SAS Institute, Inc. 2011. *Statistical Analysis Software (SAS/STAT)*. Version 9.33 Ed. Cary, NC. USA. 528 pp.
- Slominski, B. A. 2011. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. *Poult. Sci.* 90: 2013-2023.
- Sun, H., E. J. Lee, H. Samaraweera, M. Persia, H. S. Ragheb, and U.A. Dong. 2013. Effects of increasing concentrations of corn distiller's dried grains with solubles on the egg production, internal quality of eggs, chemical composition and nutrients content of egg yolk. *Poult. Sci.* 91: 3236–3246.
- Światkiewicz, S., A. Włosek, A., J. Krawczyk, M. Puchała, and D. Józefiak. 2013. Effects of selected feed additives on the performance of laying hens given a diet rich in maize dried distiller's grains with solubles (DDGS). *Br. Poult. Sci.* 54: 478–485.
- Yildiz T., N. Ceylan, Z. Atik, E. Karademir and B. Ertekin. 2018. Effect of corn distillers dried grains with soluble with or without xylanase supplementation in laying hen diets on performance, egg quality and intestinal viscosity. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.* 24: 273-280.

