

Efectos nutricionales de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* y *Moringa oleifera* en el comportamiento de gallinas Rhode Island Red

Abou-Elezz F. M. K.^{1,2}, L. Sarmiento-Franco¹, R. Santos-Ricalde¹
y F. Solorio-Sanchez¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencia Animal, Universidad de Yucatán (UADY), Mérida, Yucatán, México

²Facultad de Agricultura, Universidad de Assiut. Assiut (71526), Egipto

Correo electrónico: abollez@aun.edu.eg

Este estudio consistió en dos experimentos para determinar el efecto de la inclusión dietética de harina de hojas de *Leucaena leucocephala* (HLL) y *Moringa oleifera* (HHMO) en la producción y calidad de huevos de gallinas Rhode Island Red (RIR). En el primer experimento, treinta y seis gallinas RIR, de 36 semanas de edad, se distribuyeron aleatoriamente en cuatro grupos de nueve aves cada uno y se alojaron en jaulas individuales. Los cuatro grupos se correspondieron con los cuatro tratamientos dietéticos que contenían 0 (control), 5, 10, y 15 % de HLL, respectivamente. Al mismo tiempo, el segundo experimento se llevó a cabo mediante igual diseño, pero con el uso de HHMO en lugar de HLL. Los rasgos de producción y calidad de los huevos se estudiaron durante cinco semanas, precedidas por una semana de adaptación. Los resultados mostraron un efecto cuadrático en la tasa de puesta de huevos (57.10, 57.46, 53.25 y 47.46 %), la masa de huevos (g/gallina/d) y la conversión alimentaria debido a los tratamientos con HLL (0, 5, 10, y 15 %, respectivamente). Los tratamientos con HHMO disminuyeron linealmente la tasa de puesta de huevo (60.00, 59.72, 56.13, y 51.87 %) y la masa de huevos y tuvieron un efecto cuadrático en el consumo alimentario (111.15, 111.93, 107.08, y 100.47g/gallina/d) al incluir 0, 5, 10 y 15 % de HHMO, respectivamente. El color de la yema se incrementó linealmente por el aumento de los niveles de HHMO y HLL. Se obtuvieron también otros resultados en las proporciones de albúmina y yema (%) y el coeficiente de la yema, mientras que no hubo efectos adversos en los rasgos de calidad del huevo debido a los tratamientos con HLL y HHMO. La HHMO y la HLL pueden ser aceptables como recurso alimenticio sostenible hasta 10 % en las dietas de gallinas ponedoras.

Palabras clave: *alternativas alimentarias, monogástricos, forrajes tropicales, producción de huevos, calidad del huevo.*

Los piensos para aves de corral son caros, por lo que limitan el desarrollo de la industria avícola en los trópicos. Además, la mayoría de los países subdesarrollados están situados en las áreas tropicales, y hay falta de fondos necesarios para importar los ingredientes de la alimentación de los humanos y del ganado. La aguda escasez actual de proteína animal en los países subdesarrollados justifica la investigación del potencial de algunos recursos nuevos producidos localmente para animales productivos tales como las harinas de hojas, las que se pueden incluir en las dietas de aves para suministrar a las empresas avícolas y para mejorar el margen de ganancias mediante la reducción del uso de las fuentes convencionales de proteína (D'Mello 1995, Sarmiento 2001, Agbede 2003, Reddy y Qudratullah 2004, Nworgu y Fasogbon 2007, Atawodi *et al.* 2008 e Iheukwumere *et al.* 2008). Las harinas de hojas de *L. leucocephala* (HLL) y *Moringa oleifera* (HHMO) están entre las que se pueden usar como alimentos alternativos en el ganado comercial y en las aves de corral en los trópicos (Makkar y Becker 1997 y Agbede 2003).

La *Leucaena leucocephala* y la *Moringa oleifera* se encuentran disponibles y diseminadas casi mundialmente, y se estima que la leucaena cubre de 2 a 5 millones de hectáreas a nivel mundial (Brewbaker y Sorensson 1990 y Kakengi *et al.* 2007). Las HLL y las HHMO se distinguen por sus altos contenidos de proteína, los que oscilan entre 20 y 34 % PB en

la HLL, y entre 20 y 29 % en las HHMO en base de materia seca. Además, poseen un contenido promedio de energía metabolizable en aves que oscila desde 700 hasta 1 365 kcal/kg en la HLL y de 2 005 kcal/kg en la HHMO en base de materia seca, además de un perfil apreciable de aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (D'Mello y Taplin 1978, Makkar y Becker 1997, Ramirez *et al.* 2000, Echeverría *et al.* 2002, Elkhalfi *et al.* 2007, Kakengi *et al.* 2007 y Atawodi *et al.* 2008). También, se ha informado que las gallinas son capaces de encontrar y utilizar una cantidad considerable de nutrientes de los forrajes (Horsted 2006).

Se espera que la utilización de las harinas de hojas (HLL y HHMO) sea un recurso sostenible para la producción comercial de huevos en los trópicos, puesto que se encuentran fácilmente disponibles y contienen una cantidad considerable de nutrientes. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de incorporar diferentes niveles de HLL o HHMO en las dietas de gallinas Rhode Island Red en los que respecta a la producción y calidad de los huevos.

Materiales y Métodos

Aves, tratamientos y diseño experimental. El estudio consistió en dos experimentos que se llevaron a cabo de forma simultánea en la nave avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ), en la Universidad de Yucatán (UADY), Mérida, Yucatán, México. Ambos experimentos se

llevaron a cabo al mismo tiempo mediante un diseño similar. En el primer experimento, treinta y seis gallinas Rhode Island Red, de 36 semanas de edad con tasa de puesta de huevos de 60 % como promedio, se dividieron aleatoriamente en cuatro grupos de nueve aves cada uno y fueron alojadas en jaulas individuales (40 x 40 x 40 cm). El primer grupo recibió una dieta control (0 % HLL), mientras que los grupos 2, 3, y 4 recibieron dietas que contenían 5, 10, y 15 % de HLL, respectivamente. Todos los grupos recibieron dietas molidas que contenían similar porcentaje de energía metabolizable y proteína bruta (11.29 MJ ME/kg dieta y 16 % proteína bruta). Al mismo tiempo, se usó el mismo diseño (raza de gallina, edad, número de replicas, alojamiento, y niveles de harinas de hoja) en el segundo experimento mediante la incorporación de HHMO en las dietas en lugar de la HLL. Además, las cuatro dietas experimentales se formularon para que tuvieran los mismos niveles de proteína cruda y de energía (16% PB y 11.71 MJ ME/kg en la dieta). Posteriormente, se estudiaron la producción y la calidad de los huevos durante 5 semanas que estuvieron precedidas por una semana como período de adaptación.

Preparación de las harinas de hojas. Las hojas frescas de *L. leucocephala* y *M. oleifera* se cosecharon de los árboles (árboles de dos años de edad, la última cosecha fue cuatro meses antes) que se cultivaron en la granja FMVZ, en condiciones tropicales de la Península de Yucatán, al sur de México. El clima es subhúmedo, con promedio anual de precipitación (altamente variable) de 960 mm, y 6-7 meses de período seco; la temperatura anual promedio es de 26 °C. El promedio diario es de 23 °C (máximo de 32 °C, mínimo de 15 °C); mientras que de marzo a septiembre es de 30 °C (máximo de 37°C, mínimo de 23°C). El paisaje es llano, y los suelos son calcáreos y fundamentalmente poco profundos (<10 cm de profundidad), con mucho de la superficie expuesta a estratos de cal o rocosos, y algunas áreas de vegetación forestal baja. Los suelos se clasificaron como Rendzinas y Lithosols y son de moderada fertilidad, y con 1.0 a 1.5 % de contenido de carbono orgánico y un rango de pH de 7.5 hasta 7.8

Las hojas se recolectaron en el intervalo desde junio hasta agosto. Se cortaron las ramas jóvenes de los árboles. Las hojas de leucaena y moringa (según Morton 1991 y Shelton y Brewbaker 1994) se separaron de las ramas, se diseminaron y se secaron bajo sombra durante un período de 1 día; después, se secaron en estufa (60 °C) durante dos días. Las hojas secas se molieron con un molino de martillo (2.0-3.0 mm de tamizaje) para confeccionar la HLL o la HHMO, las que se incorporaron a las dietas experimentales.

Composición de los forrajes y las dietas (tablas 1 y 2). La composición química de las harinas de forraje

y las dietas (material seca (MS), proteína bruta (PB), fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND), energía bruta (EB), cenizas, calcio y fósforo) se determinó en el laboratorio de nutrición de la FMVZ mediante los métodos estándar de AOAC (1990), y la energía bruta se determinó mediante bomba adiabática calorimétrica (Parr-328, Parr Instruments Co., IL, USA). El método de Goering y Van Soest (1970) se utilizó para determinar la FND y la FAD. Al mismo tiempo, se empleó un espectrómetro de absorción atómica Perkin Elmer (Model 5000, Perkin Elmer, USA) para cuantificar el contenido de calcio y fósforo.

Procedimiento de recolección de datos. Medidas de producción de huevos. Se registraron los pesos corporales (PC) de las aves individuales al comienzo y final de cada experimento. Se registró el alimento suministrado y el rechazo tres veces para todas las aves individualmente, después se calculó el consumo alimentario (CA). Los huevos se recolectaron dos veces por día a las 9:00 am y a las 3:00 pm y se registró el número de huevos (EN) en bases individuales, o que se usaron para calcular el promedio de la tasa de puesta de huevos % (TPH). El peso del huevo (PH) se registró de forma individual. Posteriormente, se calculó la producción de masa de huevo diaria promedio (g/gallina/d)-EM de la forma siguiente: [(el promedio de TPH (%) x el promedio de PH (g)] / 100. La tasa de conversión del alimento (kg alimento/kg huevos)-(CA) se calculó dividiendo el promedio diario de CA (g/gallina/d) por el promedio diario de EM (g/gallina/d), según Yasmeeen *et al.* (2008). Se usaron cinco muestras de cada dieta para medir los volúmenes de las dietas experimentales, en los que el volumen de cien gramos de cada muestra se midió en un frasco volumétrico graduado. Posteriormente, se utilizaron los cinco volúmenes de las muestras para calcular el volumen promedio para cada dieta.

Medidas de la calidad del huevo. Se recolectaron dieciséis huevos de cada tratamiento y se usaron para medir los rasgos de calidad en dos tiempos (dos días durante cada una de las semanas tercera y cuarta de los experimentos). El largo y el ancho de cada huevo se midieron para calcular el índice de forma % (ancho/largo X 100). Luego de pesar los huevos de forma individual, se rompió cada huevo sobre una superficie plana y se separó la yema y se pesó; y se midió la altura de la yema y el diámetro para calcular el coeficiente de la yema (%)-(altura de la yema /diámetro x 100). Se determinó el grado del color de la yema mediante el abanico de color de Roche (con un rango desde 6 hasta 15). Es valedero mencionar que no se usó fuente de pigmento de las yemas en las dietas experimentales para facilitar la identificación del efecto de las harinas de hojas en los pigmentos de la yema. Se eliminó la albúmina de las cáscaras y se pesaron las cáscaras más las membranas. Se midió el grosor de la cáscara mediante

Tabla 1. Composición y análisis químico de las dietas experimentales que contenían diferentes niveles de harinas de hojas de *Leucaena leucocephala* (HLL) y *Moringa oleifera* (HHMO)

Parámetros	Exp. 1 dietas (tratamientos con HLL)				Exp. 2 dietas (tratamientos HHMO)			
	Control 0%	5%	10%	15%	Control 0%	5%	10%	15%
Ingredientes %								
Harina de hoja	0.00	5.00	10.00	15.00	0.00	5.00	10.00	15.00
Sorgo	63.94	60.32	56.22	52.13	61.23	59.34	57.43	55.52
Harina de frijol de soya	18.32	16.22	14.21	12.21	19.30	15.96	12.63	9.30
CaCO ₃ (38%)	9.10	8.75	8.48	8.21	9.00	8.67	8.34	8.00
Harina de canola	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite de soya	1.00	1.92	3.13	4.33	2.83	3.23	3.62	4.02
Di-Cal-fosfato	1.53	1.56	1.59	1.62	1.52	1.50	1.50	1.50
Lisina	0.10	0.18	0.27	0.35	0.11	0.23	0.35	0.47
Metionina	0.17	0.21	0.26	0.31	0.17	0.23	0.29	0.35
NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Flavomicina 4%	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mycosorb	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Funginat 42	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cloruro de colina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla de minerales ^a	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla de vitaminas ^b	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Anti-oxidante	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Análisis químico (en base de MS)								
Materia seca (%)	89.55	89.82	90.68	90.68	89.96	89.8	89.9	90.24
Energía bruta (kcal/kg)	16.25	16.78	15.85	17.15	16.73	17.09	17.25	17.69
Proteína bruta (%)	18.06	18.24	18.58	18.83	18.39	17.66	17.88	17.45
FAD (%)	7.87	9.39	10.32	10.49	7.87	9.5	10.16	10.16
FND (%)	54.35	58.19	59.14	66.85	52.34	59.74	60.29	61.04
Calcio (%)	3.47	3.69	3.42	3.64	3.10	3.45	3.38	3.30
Fósforo (%)	0.64	0.65	0.62	0.68	0.64	0.66	0.67	0.51
Cenizas (%)	13.49	12.50	12.09	12.88	13.04	12.47	12.4	12.78

^a: Contenido kg⁻¹ de dieta: Manganeso, 65 mg; iodo, 1 mg; hierro, 55 mg; cobre, 6 mg; zinc, 55 mg; selenio, 0.3 mg;

^b: Contenido kg⁻¹: vitamina A, 8000 UI; vitamina D, 2500 UI; vitamina E, 8 UI; vitamina K, 2 mg; vitamina B12, 0.002 mg; riboflavina, 5.5 mg; pantotenato de calcio, 13 mg; niacina, 36 mg; colina, 500 mg; ácido fólico, 0.5 mg; tiamina, 1 mg; piridoxina, 2.2 mg; biotina, 0.05 mg.

Tabla 2. Composición química de las harinas de hojas de *Leucaena leucocephala* (HLL) y *Moringa oleifera* (HHMO)

Harina de hojas	MS %	Nutrientes (%) en base de materia seca						
		PB	FAD	FND	Ca	P	Cenizas	EB (MJ/kg)
HLL	91.0	23.61	25.69	40.38	1.62	0.18	8.27	19.79
HHMO	91.22	19.76	27.11	44.42	2.13	0.24	9.61	18.64

un micrómetro (Mizayaki, Japón). Se calculó el peso de la albúmina como la diferencia entre el peso total del huevo y los pesos de la cáscara y la yema (Peso de la albúmina = Peso del huevo – Peso yema – Peso cáscara), posteriormente, se calculó la proporción de cada uno de los tres componentes como el porcentaje del peso total del huevo.

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado y se analizaron los datos de producción de huevo, calidad del huevo y volúmenes de dietas en cada experimento mediante superficies de respuesta con el uso de contrastes ortogonales para evaluar los efectos lineales, cuadráticos y cúbicos de los niveles de HLL o HHMO, mediante el procedimiento del

modelo general lineal (GLM) del programa estadístico SAS (SAS 2002).

Resultados y Discusión

Composición química de la HHMO y la HLL (tabla 2). El contenido alcanzado de PB (23.6 %), FAD (25.69 %) y FND (40.38 %) en base de MS en la HLL fue globalmente similar a los valores correspondientes obtenidos por D'Mello y Taplin (1978), Echeverría *et al.* (2002), Dhar *et al.* (2007) y Ayssiwede *et al.* (2010). En lo que respecta a la HHMO, el contenido de proteína bruta estimado fue menor (19.76 %) al de los valores observados por Makkar y Becker (1997) y Kakengi *et al.* (2007) (27 y 29.7 %, respectivamente). Los contenidos de FAD y FND en la HHMO alcanzaron 27.11 y 44.42 % en base de MS, respectivamente; los que fueron superiores a los valores (22.7 %) de Kakengi *et al.* (2007). La composición de las hojas está afectada generalmente por varios factores tales como la edad de la planta, la fertilidad del suelo, y el método de preparación (D'Mello y Taplin 1978, Meulen *et al.* 1979, Shelton y Brewbaker 1994, Atawodi *et al.* 2008 y Ayssiwede *et al.* 2010). En este estudio, se utilizó la estructura completa de las hojas de leucaena y moringa (según Shelton y Brewbaker 1994 y Morton 1991, respectivamente) al confeccionar las harinas, en las que las hojas incluyeron pequeñas ramas que portan las pequeñas hojas. Incluir la estructura total de las hojas es probable que sea más fácil, más práctico y útil para obtener buenas cantidades de HLL y HHMO. Aunque en algunos estudios previos, las harinas de hojas se prepararon mediante la trilla de las ramas para separar las hojas de sus ramas con el objetivo de usar las pequeñas hojas verdes (Makkar y Becker 1997 y Kakengi *et al.* 2007).

Rasgos peso corporal y producción de huevos en las gallinas RIR que consumieron diferentes niveles de HLL y HHMO. Según los resultados de las tablas 3 y 4, los tratamientos con HHMO o con HLL no tuvieron efectos significativos en el peso corporal final promedio. Los tratamientos con HLL tuvieron un efecto cuadrático en la TPH %, y mejoraron en 5 % en la HLL (57.25%) con respecto al control (57.10%); posteriormente, decreció gradualmente en 10 y 15 % en los tratamientos con HLL (53.25 y 47.46 %, respectivamente). Se observó una respuesta cuadrática similar en las tasas de EM (g/gallina/d) y de conversión alimentaria, mientras que no se encontraron diferencias significativas en el promedio de CA en los tratamientos con HLL. Hubo un efecto cúbico de los niveles de HLL en los valores de peso del huevo, puesto que en la HLL se incrementaron 5% comparados con los del control y los de 15% de HLL, mientras que el grupo con 10 % de HLL tuvo el menor valor de peso del huevo. En el segundo experimento, los valores de la TPH (60.00, 59.72, 56.13, y 51.87%) y la EM (g/gallina/d) disminuyeron linealmente, mientras que el peso del huevo (57.46, 57.78, 59.23 y 56.75 g) y la CA (111.15, 111.93, 107.08, y 100.47 g/gallina/d)

siguieron una tendencia cuadrática que acompaña al incremento de los niveles de HHMO (0, 5, 10 y 15 %, respectivamente), sin tener ningún efecto significativo en la tasa de conversión alimentaria (kg alimento: kg huevo).

En general, los resultados de producción de huevos indicaron que 5 % de HLL o de HHMO pudieran tener impacto nutricional beneficioso en las gallinas RIR, mientras que el uso de niveles más altos (10 y 15 %) afectó de forma adversa la tasa de puesta de huevos y la producción de masa de huevos. Estudios previos indicaron que la tasa segura de inclusión fue de 5 o 10 % de HLL en las dietas de gallinas ponedoras, lo que trajo consigo un comportamiento de puesta de huevo satisfactorio. El uso de niveles más altos (15 ó 20 % de HLL) provocó una severa reducción en el consumo alimentario, lo que afectó de forma adversa la producción de huevos en gallinas ponedoras y el crecimiento en pollos en crecimiento y pollitos (Labadan 1969, Vohra *et al.* 1972, D'Mello y Thomas 1978 y Mutayoba *et al.* 2003). La misma situación con la HHMO fue informada por Kakengi *et al.* (2007), quienes encontraron efecto reductor de la HHMO en la masa de huevos y en el porcentaje de puesta parcial cuando la HHMO fue mayor de 10 %. De forma similar, Olugbemi *et al.* (2010) informaron que la HHMO se puede incluir de forma segura hasta 10 % en dietas basadas en yuca en gallinas ponedoras, sin afectar de forma negativa la productividad. Recientemente, con otra especie de Moringa, se concluyó que la harina de hojas de *Moringa stenopetala* (28.2–36.2% PB) pudiera ser un suplemento potencial de proteína vegetal de hasta 6 % en las dietas de pollitos RIR (Melesse *et al.* 2009, Negesse *et al.* 2009 y Melesse *et al.* 2011). Algunos estudios previos informaron que el contenido de mimosina en la HLL fue responsable del efecto negativo en el comportamiento de pollos, lo que se considera tóxico. En dichos estudios, los pollos carecían de las enzimas responsables para su análisis (Scott *et al.* 1969, Meulen *et al.* 1979 y Hussain *et al.* 1991). De igual forma, Makkar y Becker (1996) reportaron cantidades insignificantes de taninos (14 g/kg) en la HHMO.

Independientemente del posible efecto de los compuestos anti-nutricionales, el efecto adverso del uso de altos niveles de HHMO o HLL en la producción de huevos se puede deber más probablemente al volumen de las dietas, lo que está asociado con el incremento de los niveles de harinas de hojas (D'Mello 1991 y Kakengi *et al.* 2007). Por lo tanto, se analizaron los volúmenes de las dietas en estos estudios, y los resultados (tabla 5) revelaron que hubo un incremento lineal que acompaña al aumento de los niveles de harinas de hojas en la dieta. Se estimó que el volumen de 100 gramos en la dieta alcanzó 141.91, 157.01, 168.82 y 179.47 mL, en los tratamientos con la HHMO a 0, 5, 10, y 15 %, respectivamente. De manera similar, los volúmenes correspondientes a 100 gramos en la dieta

Tabla 3. Promedios de los rasgos de producción y calidad del huevo de gallinas Rhode Island Red alimentadas con dietas que contienen diferentes niveles de harinas de hojas de *Leucaena leucocephala* (HLL)

Rasgos	Tratamientos con HLL				EEM	Valor P		
	Control 0 %	5 %	10 %	15 %		lineal	cuadrático	cúbico
Peso corporal final (kg)	2.25	2.17	2.15	2.12	0.28	0.6522	0.4573	0.718
Tasa de puesta de huevos (%)	57.10	57.46	53.25	47.46	3.01	0.4392	0.0002	0.3674
Peso del huevo (g)	58.78	59.22	56.32	58.45	0.50	0.1378	0.468	0.003
Consumo alimentario (g/d)	103.04	103.72	100.99	97.36	2.26	0.2104	0.3792	0.9876
Masa de huevos (g/gallina/d)	33.44	34.21	30.13	27.73	1.70	0.1796	0.0053	0.4997
Conversión alimentaria (kg alimento: kg huevo)	3.51	3.41	4.05	4.47	0.35	0.295	0.0199	0.2729
Color de la yema (6-15 grados)	<6.00	7.50	9.09	11.25	0.20	0.0001	0.0708	0.5355
Proporción de componentes del huevo								
Albúmina (%)	60.43	60.95	60.64	62.18	1.74	0.317	0.6416	0.584
Yema (%)	29.48	28.10	29.17	27.43	1.79	0.215	0.8455	0.199
Cáscara (%)	10.09	10.95	10.19	10.39	0.28	0.9322	0.3811	0.1326
Grosor de la cáscara (pulgadas)	0.013220	0.013160	0.012830	0.01346	0.000298	0.8237	0.3957	0.4896
Coefficiente de la yema (%)	35.33	37.72	38.89	39.01	1.08	0.0037	0.2021	0.9613
Índice de forma del huevo (%)	74.70	72.68	69.55	75.35	0.79	0.9383	0.2541	0.5091

Tabla 4. Promedios de producción de huevos y rasgos de calidad de gallinas Rhode Island Red alimentadas con dietas que contienen diferentes niveles de harina de hojas de *Moringa oleifera* (HHMO)

Rasgos	Tratamientos con HHMO				EEM	Valor P		
	Control 0%	5 %	10%	15%		Lineal	Cuadrático	Cúbico
Peso corporal final (kg)	2.19	2.18	2.16	2.13	0.28	0.5846	0.9403	0.9692
Tasa de puesta de huevos (%)	60.00	59.72	56.13	51.87	3.01	0.0253	0.9235	0.6116
Peso del huevo (g)	57.46	57.78	59.23	56.75	0.50	0.8365	0.0152	0.009
Consumo alimentario (g/d)	111.15	111.93	107.08	100.47	2.26	0.0001	0.0363	0.6094
Masa de huevos (g/gallina/d)	35.00	34.66	33.28	29.41	1.70	0.0167	0.503	0.8356
Conversión alimentaria (kg alimento: kg huevo)	3.74	3.64	3.78	3.83	0.35	0.4038	0.839	0.9144
Color de la yema(6 -15)	<6.00	8.25	9.92	11.00	0.20	0.0001	0.0221	1.000
Proporción de los componentes del huevo								
Albúmina (%)	61.67	62.04	63.53	63.90	1.79	0.0028	0.4532	0.0564
Yema (%)	28.44	28.30	26.65	26.06	1.74	0.0157	0.2374	0.102
Cáscara (%)	9.90	9.67	9.88	10.05	0.28	0.582	0.4757	0.7338
Grosor de la cáscara (pulgadas)	0.01283	0.01300	0.01282	0.01270	0.000298	0.8582	0.9776	0.7005
Coefficiente de la yema (%)	36.41	39.22	39.06	38.40	1.08	0.1395	0.0038	0.6308
Índice de forma del huevo (%)	73.09	72.76	74.34	74.84	0.79	0.0669	0.6097	0.4091
Volumen de 100 g dieta (mL)	141.91	157.01	168.82	179.47	1.66	0.0001	0.8366	0.6751

alcanzaron 142.85, 151.42, 157.53 y 163.68 mL en los tratamientos con 0, 5, 10 y 15 % HLL, respectivamente. Los volúmenes de los tratamientos con la HHMO así como los valores de FAD y FND en la HHMO fueron obviamente mayores que los valores correspondientes en la HLL. El marcado aumento del volumen de la dieta de la HHMO pudiera ser la razón detrás de la reducción lineal significativa en los valores de CA en la HHMO. En general, el volumen de la dieta aumentada que acompaña a los altos niveles de harinas de hojas pudiera hacer difícil para las gallinas incrementar su CA para compensar cualquier deficiencia en sus requerimientos de nutrientes. Además, el sistema digestivo de las gallinas es simple y tiene una capacidad limitada de digerir ingredientes altos en fibras de forma eficiente, y también los pollos carecen de las enzimas necesarias para utilizar ingredientes altos en fibras (Son *et al.* 2002, Esonu *et al.* 2006 e Ige *et al.* 2006). Por lo tanto, el uso de niveles dietéticos altos de las harinas de hojas podría resultar en una inadecuada disponibilidad de nutrientes para las gallinas, lo que podría ser responsable del efecto negativo en el comportamiento de la producción de huevos (D'Mello 1991, Ige *et al.* 2006 y Kakengi *et al.* 2007).

Rasgos de calidad del huevo en gallinas RIR alimentadas con diferentes niveles de HLL y HHMO. Los resultados de los rasgos de calidad el huevo se muestran en las tablas 3 y 4. Los valores del color de la yema se incrementaron significativamente y de forma lineal con la inclusión de diferentes niveles de HHMO y HLL. Todas las yemas obtenidas en el grupo control (0 % de harina de hojas) en ambos experimentos fueron más blancas que el nivel más bajo (6) del abanico de color de la yema. Los tratamientos HLL y HHMO no tuvieron efecto adverso en ninguna de las proporciones de la cáscara en el huevo, el grosor de la cáscara y el índice de forma del huevo. Está bien documentado que las harinas de hojas son una buena fuente de pigmentos de las yemas. Berry y D'Mello (1981) informaron que *L. leucocephala* se puede usar como un pigmento efectivo de la yema, con un rango 10 – 25 g/kg en dietas de gallinas ponedoras. El contenido de caroteno de la HLL está en el rango de 227-228 mg/kg MS; también es muy rico en pigmentos de xantofilas con un rango de 741-766 mg/kg MS (D'Mello y Taplin 1978). Este pigmento le da color a las yemas de los huevos y a la piel de los pollos de engorde, y parece que el poder de pigmentación de la harina de la hoja de leucaena es el doble que el de la alfalfa. De

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

manera similar, la HHMO tiene alto contenido de caroteno y Price (2000) encontró que contiene 16.3 mg caroteno/100 gramos.

La tasa de albúmina se incrementó de forma lineal mientras disminuyó la proporción de la yema linealmente, conjuntamente con el incremento de los niveles de HHMO en la dieta. Similares resultados fueron reportados por Kaijage *et al.* (2004), quienes encontraron que los valores de colores en el abanico de Roche y el porcentaje de albúmina se incrementaron de forma lineal, mientras que las proporciones de la yema disminuyeron linealmente con el aumento de los niveles de HHMO. De forma interesante, tener huevos con más altas proporciones de albúminas y menores proporciones de yema implica tener concentraciones relativamente menores de colesterol lo que constituye una buena calidad según los consumidores de huevos (Berry y D'Mello 1981 y Kaijage *et al.* 2004). Además, usar la HLL o la HHMO en las dietas de gallinas ponedoras incrementó significativamente el coeficiente de la yema, lo que constituye un buen rasgo de calidad. Resultados similares se han observado cuando se alimentan gallinas con diferentes niveles de harinas de hojas de *Gliricidia sepium* (Odunsi *et al.* 2002), hierba Siam (Fasuyi *et al.* 2005), Mangrof (Al-Harith 2006) y *Tephrosia bractereolata* (Akande *et al.* 2008).

La inclusión de la HLL o la HHMO en las dietas de gallinas ponedoras mejoró linealmente el color de la yema del huevo y los coeficientes de la yema, los que son rasgos de calidad deseables. Además, la HHMO incrementó las proporciones de albúmina y disminuyó las proporciones de la yema en los huevos, lo que puede implicar menor contenido de colesterol. De igual forma, no se encontraron efectos adversos en la proporción del peso de la cáscara (%), el grosor de la cáscara (%) o el índice de forma del huevo (%) debido a los tratamientos con HLL o con HHMO, los que son importantes para el transporte y manejo de los huevos. La HLL y la HHMO pueden ser aceptables hasta 10 % en la dieta de gallinas Rhode Island Red, y niveles más altos reducen marcadamente la tasa de puesta de huevo y la producción de masa de huevos.

Agradecimientos

Este trabajo investigativo fue financiado parcialmente por PROMEP/SEP a través del proyecto de investigación (Mezcla de forraje de árboles para mejorar la producción y el reciclaje de nutrientes en sistemas agroforestales) y por medio de la beca al primer autor de este trabajo

Tabla 5. Volumen promedio de 100 gramos de los tratamientos dietéticos que contienen diferentes niveles de HLL o de HHMO

Rasgos	Tratamientos				EEM	Valor P		
	0 %	5 %	10 %	15 %		lineal	cuadrático	Cúbico
HLL	142.85	151.42	157.53	163.68	1.20	0.0001	0.7830	0.8673
HHMO	141.91	157.01	168.82	179.47	1.66	0.0001	0.8366	0.6751

otorgada por el gobierno de México mediante el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Referencias

- Agbede, J.O. 2003. Equi-protein replacement of fishmeal with leucaena leaf protein concentrate: An assessment of performance characteristics and muscle development in the chicken. *Int. J. Poult. Sci.* 2:421
- Akande, T.O., Adeyeri M.K. & Longe, O.G. 2008. Nutritional and economic value of leaf meal (*Tephrosia bracteolata*) in diets of laying hens. *J. Anim. Vet. Adv.* 7:784
- Al-Harathi, M.A. 2006. Increasing Mangrove leaves meal allowance in layers diets through enhancing its nutritive value. *In. J. Poult. Sci.* 5:502
- AOAC 1990. Official method of analysis, Association of Official Analytical Chemists (15th Ed.), Arlington, VA.
- Atawodi, S.E., Mari, D., Atawodi, J.C. & Yahaya, Y. 2008. Assessment of *Leucaena leucocephala* leaves as feed supplement in laying hens. *Afr. J. Biotechnol.* 7:317
- Ayssiwede, S.B., Dieng, A., Chrysostome, C., Ossebi, W., Hornick J.L., & Missohou, A. 2010. Digestibility and metabolic utilization and nutritional value of *Leucaena leucocephala* (Lam.) leaves meal incorporated in the diets of indigenous senegal chickens. *Int. J. Poult. Sci.* 9:767
- Berry, S. & D'Mello, J.P.F. 1981. A of *Leucaena leucocephala* and grass meals as sources of yolk pigments in diets for laying hens. *Trop. Anim. Prod.* 6:2
- Brewbaker, J.L. & Sorensson, C.T. 1990. New tree crops from interspecific *Leucaena* hybrids. In: Janick, J. and Simon, J.E. (eds), *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, pp. 283-289. Disponible: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/V1-283.html>> [Consultado: 18 de abril de 2011]
- Dhar, M., Chowdhury, S.D., Ali, M.A., Khan, M.J. & Pramanik, M.A.H. 2007. Responses of semi-scavenging F1 crossbred (Rhode Island bred × Fayoumi) grower and pre-layer chickens to diets of different nutrient density formulated with locally available feed ingredients. *J. Poult. Sci.* 44:42
- D'Mello, J.P. 1991. Nutritional potentialities of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. *Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia*. Disponible: <<http://www.fao.org/docrep/003/t0632e/T0632E08.htm>> [Consultado: 18 de abril de 2011]
- D'Mello, J.P. 1995. Leguminous leaf meals in non-ruminant nutrition. *En: Tropical legumes in animal nutrition*. 1st Ed. A.B International, Wallingford Oxon UK p. 247-280
- D'Mello, J.P. & Taplin, D.E. 1978. *Leucaena leucocephala* in poultry diets for the tropics. *World Rev. Anim. Prod.* 24:41
- D'Mello, J.P. & Thomas, D. 1978. The nutritive value of dried *Leucaena* leaf-meal from Malawi: studies with young chicks. *Trop. Agric. (Trinidad)* 55:45
- Echeverría, V., Belmar, R., Ly, J. & Ricalde, R.H.S. 2002. Effect of *Leucaena leucocephala* leaf meal treated with acetic acid or sodium hydroxide on apparent digestibility and nitrogen retention in pigs' diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 101:151
- Elkhalifa, A.O., Ahmed, S.A. & Adam, S. 2007. Nutritional evaluation of *Moringa oleifera* leaves and extract. (Report). Publication: Ahfad J. 01-DEC-07
- Esonu, B.O., Opara, M.N., Okoli, I.C., Obikaonu, H.O., Udedibie, C. & Iheshiulor, O.O.M. 2006. Physiological response of laying birds to Neem (*Azadirachta indica*) leaf meal-based diets: body weight organ characteristics and haematology. *J. Health Allied Scs.* 2:4
- Fasuyi, A.O., Fajemilehin, S.O.K. & Omojola, A.B. 2005. The egg quality characteristics of layers fed varying dietary inclusions of Siam weed (*Chromolaena odorata*) leaf meal (SWLM). *Int. J. Poult. Sci.* 4:752
- Goering, H.K. & Van Soest, P. J. 1970. Forage fibre analysis (USDA Handbook, no. 279). US printing office, Washington, DC, USA, p. 379
- Horsted, K. 2006. Increased foraging in organic layers. PhD Thesis, University of Aarhus, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Agroecology. Disponible: <<http://orgprints.org/10463/01/10463.pdf>> [Consultado: 18 de abril de 2011]
- Hussain J., Satyanarayana, R.P.V. & Reddy, V.R. 1991. Utilization of leucaena leaf meal by broilers. *Br. Poult. Sci.* 32:131
- Ige, A.O., Odunsi, A.A., Akinlade, J.A., Ojedapo, L.O., Ameen, S.A., Aderinola, O.A. & Rafiu, T.A. 2006. *Gliricidia* leaf meal in layer's diet effect on performance, nutrient digestibility and economy of production. *J. Anim. Vet. Adv.* 5:483
- Ihekumwure, F.C., Ndubuisi, E.C., Mazi, E.A., & Onyekwere, M.U., 2008. Performance, nutrients utilization and organ characteristics of broilers fed Cassava leaf meal (*Manihot esculenta* Crantz). *Pakistan J. Nutr.* 7:13
- Kaijage, J.T., Sarwatt, S.V. & Mutayoba, S.K. 2004. 5.8 *Moringa oleifera* leaf meal can improve quality characteristics and consumer preference of marketable eggs. Disponible: <<http://www.costech.or.tz/Proceedings/Papers/Alphabetical/Moringa%20Oleifera%20Leaf%20Meal%20-%20Kaijage-Sarwatt-Mutayoba.doc>> [Consultado: 8 de octubre de 2010]
- Kakengi, A.M.V., Kaijage, J.T., Sarwatt, S.V., Mutayoba, S.K., Shem, M.N. & Fujihara, T. 2007. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal as a substitute for sunflower seed meal on performance of laying hens in Tanzania. *Liv. Res. Rur. Dev.* 19:8
- Labadan, M.M. 1969. The effects of various treatments and additives on the feeding value of ipil-ipil leaf meal in poultry. *Philippine Agriculturalist* 53:392
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1996. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63:211
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1997. Nutrient and anti quality factors on different morphological parts of the *Moringa* tree. *J. Agri. Sci.* 128:311
- Melesse, A., Bulang, M., & Kluth, H., 2009. Evaluating the nutritive values and *in vitro* degradability characteristics of leaves, seeds and speedpods from *M. stenopetala*. *J. Sci. food Agri.* 89:281
- Melesse, A., Tiruneh, W. & Negesse, T. 2011. Effects of feeding *Moringa stenopetala* leaf meal on nutrient intake and growth performance of Rhode Island Red chicks under tropical climate. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14
- Meulen, U.T., Struck, S., Schulke, E. & El Harith, E.A. 1979. A review on the nutritive value and toxic aspects of *Leucaena leucocephala*. *Trop. Anim. Prod.* 4:2

- Morton, J.F. 1991. The Horseradish tree, *Moringa pterygosperma* (Moringaceae) - A boon to arid lands? *Economic Botany* 45:318
- Mutayoba, S.K., Mutayoba, B.M. & Okot, P. 2003. The performance of growing pullets fed diets with varying energy and leucaena leaf meal levels. *Liv. Res. Rur. Dev.* 15:8
- Negesse, T., Makkar, H.P.S., & Becker, K. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an *in vitro* gas method. *Anim. Feed Sci. Technol.* 154:204
- Nworgu, F.C. & Fasogbon, F.O. 2007. Centrosema (*Centrosema pubescens*) leaf meal as protein supplement for pullet chicks and growing pullets. *Int. J. Poult. Sci.* 6:255
- Odunsi, A.A., Ogunleke, M.O., Alagbe, O.S., & Ajani, T.O. 2002. Effect of feeding *Glicridia sepium* leaf meal on the performance and egg quality of layers. *Int. J. Poult. Sci.* 1:26
- Olugbemi, T.S., Mutayoba, S.K. & Lekule, F.P. 2010. Evaluation of *Moringa oleifera* leaf meal inclusion in cassava chip based diets fed to laying birds. *Liv. Res. Rur. Dev.* 22:6
- Price, L.M. 2000. The moringa tree. Disponible: <<http://www.echonet.org>> [Consultado: 18 de abril de 2011]
- Ramirez, J.R., Ricalde, R.S., Martinez, V.P. & Pérez, R.M. 2000. Utilization de la hoja de chaya (*Cnidocolus chayamansa*) y de Huaxín (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de aves crillas. *Rev Biomed.* 11:17
- Reddy, C.V. & Qudratullah, S. 2004. Strategic feeding supplementation through locally available resources. XX world poultry congress. FAO corporate document.
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011. Disponible: <<http://www.fao.org/docrep/004/ac150e/ac150e01.htm>> [Consultado: 18 de abril de 2011]
- Sarmiento, L.F. 2001. Evaluation of Chaya (*Cnidocolus aconitifolius*) leaf meal as an ingredient in poultry diets: digestibility and performance of chickens. Ph.D. Thesis, University of Edinburgh, 218 pp.
- SAS Institute 2002. SAS User's Guide Statistics Ver. 6.12 Edition SAS Institute. Inc., Cary, NC
- Scott, M.L., Labadan, M.M., Ranit, G.O., Ressorreccion Mateo, J.P., Abilay, T.A. & Rigor, E.M. 1969. Studies on the mechanism of the ovary-inhibitor action of ipil-ipil leaf meal. *J. Poult. Sci.* 48:1868
- Shelton, H.M. & Brewbaker, J.L. 1994. *Leucaena leucocephala* - the most widely used forage tree legume. En: Gutteridge, R.C. & Shelton, H.M. (Eds) Forage trees as legumes in tropical agriculture, pp. 15-29. CAB International, Wallingford.
- Son, J.H., Ragland, D., & Adeola, O. 2002. Quantification of digesta flow into de caeca. *Br. Poult. Sci.* 43:322
- Vohra, P., Herrick, R.B., Wilson, W.O. & Siopes, T.D. 1972. The use of ipil-ipil (*Leucaena leucocephala*) in the diets of laying chickens and laying quail. *The Philippine Agriculturalist* 56:104
- Yasmeen F., Mahmood, S., Hassan, M., Akhtar, N. & Yaseen, M. 2008. Comparative productive performance and egg characteristics of pullets and spent layers. *Pakistan Vet. J.* 28:5

Recibido: 5 de enero de 2010