

## ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN PRÁCTICA DE POLLITAS Y PONEDORAS: NORMAS FEDNA

Gonzalo G. Mateos<sup>1</sup>, Lourdes Cámara<sup>1</sup>, Adriano Pérez-Bonilla<sup>2</sup>, Julio García<sup>2</sup> y Rosa P. Lázaro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid

<sup>2</sup>Camar Agroalimentaria S.A.

### 1.- INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta publicación es valorar la información sobre las necesidades nutricionales de pollitas y aves de puesta publicada en los últimos 6 años a fin de ajustar las recomendaciones de formulación de la primera edición de las tablas FEDNA, publicada en el año 2008. El número de publicaciones científicas recientes sobre las necesidades nutricionales de pollitas y ponedoras comerciales es muy reducido, con preponderancia de las recomendaciones de las casas de genética sobre los trabajos publicados por Universidades e Instituciones Científicas. Además, gran parte de esta información (Estados Unidos, Japón, Países Bajos, etc) se ha obtenido con estirpes blancas que se caracterizan por sus menores necesidades de mantenimiento en relación con las estirpes rubias, lo que debe tenerse en cuenta en la aplicación práctica de estos trabajos.

Las pollitas rubias consumen cerca de 6,5 kg de pienso para alcanzar un peso vivo medio cercano a 1,50 kg a las 18 semanas de edad. Es importante tener en cuenta que la consecución de los objetivos de producción (uniformidad y peso vivo medio a una edad determinada) de las diversas estirpes están más relacionadas con la bondad del programa de sanidad y manejo (calidad de la pollita al nacimiento, programa de vacunación, corte de picos óptimos, densidades adecuadas, temperaturas, suministro de agua, programas de

alimentación, etc) que con cambios en la composición nutricional del pienso. Las aves actuales son más productivas que las aves de hace 5 años, pero su peso corporal y por tanto su capacidad de consumo, no han variado (Lohmann, 2013; Hy Line, 2013; ISABrown, 2011). Por tanto, es probable que precisen piensos más concentrados y que la alimentación de las aves precise de unos mayores conocimientos de sus necesidades evitando márgenes de seguridad excesivos.

Los programas de alimentación de pollitas se basan en general en la utilización de tres piensos. Los objetivos del pienso starter (0 a 5 semanas de vida) son obtener pollitas uniformes y con un peso corporal medio ligeramente superior al estándar de la casa de genética a esa edad. El desarrollo armónico de los tejidos óseo y muscular, con crecimiento limitado del tejido graso, es importante en este período. Por ello, es clave asegurar el acceso rápido a pienso y agua para asegurar un buen desarrollo de las vellosidades intestinales y de la producción enzimática. Por otro lado, el pienso a suministrar en el último período de recria (10 a 17 semanas) tiene como objetivo mantener la uniformidad del lote, con pesos vivos propios de esa edad y ligeramente superiores al estándar comercial. Un mayor desarrollo corporal a las 17 semanas de vida permite a las aves afrontar mejor problemas relacionados con el estrés de manejo o en el cambio de nave o relacionados con el inicio de puesta. En este período es importante considerar la necesidad de conseguir un buen desarrollo del aparato digestivo para lo que se precisa cuidar las necesidades en fibra (cantidad y tipo) de los piensos.

La genética actual ha conseguido aves muy productivas (> 95-96% en el pico de puesta) que además ponen huevos de gran tamaño rápidamente. Ello, unido a la escasa capacidad de consumo de las aves, provoca desajustes entre ingesta y necesidades, lo que resulta a menudo en caídas de la puesta y producción de huevos de escaso tamaño a lo largo del ciclo productivo. Una solución parcial al problema es el aumento de energía de los piensos con inclusión de niveles altos de grasa, y mejora de la estructura del pienso. En estas situaciones de consumo de pienso reducido, es recomendable revisar el programa de manejo y alimentación de las pollitas, muchas veces el causante de problemas en el período posterior de puesta.

En este trabajo preliminar presentaremos trabajos publicados en revistas científicas sobre las necesidades nutricionales de pollitas y ponedoras rubias, con énfasis sobre puntos importantes tales como la influencia de la composición en ingredientes, la presentación y concentración energética del pienso y del tamaño de partícula sobre el desarrollo del aparato digestivo y la productividad. Asimismo, se hará énfasis en la importancia de factores nutricionales que afectan al tamaño del huevo y a la aplicación del concepto de proteína ideal en ponedoras rubias.

## 2.- INGREDIENTES DEL PIENSO

En la actualidad los piensos de aves están basados en cereales, con la harina de soja como principal fuente de proteína. Cantidades crecientes de subproductos de cereales, harina de girasol y harina de colza, a niveles superiores a las recomendadas por Fedna (2010), se añaden al pienso por razones económicas. En piensos para ponedoras, es frecuente la inclusión de diversos tipos de grasas, con predominio de las fuentes de origen vegetal sobre las de origen animal, para aumentar la concentración energética del mismo. En pollitas, es frecuente la utilización de diversas fuentes fibrosas, tal como el turtó de palmiste a fin de reducir el coste de los piensos y aumentar la capacidad del aparato digestivo.

Según la zona del país considerado, es frecuente el encontrarse con preferencias por parte del productor avícola por un cereal específico. Trabajos realizados en nuestro laboratorio (Lázaro et al., 2003; Frikha et al., 2009a, 2011; Pérez-Bonilla et al., 2011; Mirzaie et al., 2012; de Vega et al., 2013; Saldaña et al., 2015b) han mostrado de forma clara que la eficiencia productiva es similar con el uso de los diversos cereales, siempre que estos sean de calidad y estén bien valorados (Cuadros 1, 2 y 3). A este particular, las normas Fedna (2010) son una buena fuente de información sobre el valor nutricional de los diversos cereales. A tener en cuenta que el valor energético del maíz varía con la humedad del grano, mientras que los del trigo, cebada, y triticale, dependen de las condiciones ambientales y el contenido en principios antinutricionales de las semillas. Por tanto, es conveniente controlar y utilizar maíces secados correctamente y sin exceso de humedad, y suplementar el pienso con enzimas adecuadas en el caso de cereales blancos. En relación con la grasa, trabajos realizados en nuestro departamento (Pérez-Bonilla et al., 2011; Irandoust et al., 2012) han mostrado de forma clara la idoneidad de fuentes de origen vegetal, distintas del aceite de soja, en alimentación de ponedoras. A este particular (Irandoust et al., 2012), las oleínas de soja y los aceites reutilizados de soja, pueden sustituir al aceite crudo sin merma de los rendimientos productivos, siempre que la calidad y la valoración de las mismas sean adecuadas (Cuadro 4). Asimismo, Pérez-Bonilla et al. (2011) observaron resultados similares en producción de huevos al utilizar aceite de soja, oleína vegetal o manteca en el pienso, siempre que se cubrieran unas necesidades mínimas de ácido linoleico (Cuadro 5). Por último, merece la pena destacar la gran variabilidad existente en cuanto al nivel proteico y el valor nutricional de las fuentes proteicas vegetales disponibles, que pueden ocasionar problemas productivos y obligar a aumentar el margen de seguridad de los piensos. Esta problemática afecta en particular a la calidad de las harinas de girasol y colza pero también son importantes para la harina de soja (Frikha et al., 2012).

**Cuadro 1.- Efecto del tipo de cereal sobre la productividad en ponedoras rubias de 22 a 54 sem de edad (Pérez-Bonilla et al., 2011)**

	<b>Cebada</b>	<b>Trigo</b>	<b>Maíz</b>	<b>EEM<sup>1</sup></b>
Grasa añadida, %	4-5	4-5,2	4-6,5	
Ácido linoleico, %	0,9-3,1	0,9-3,0	1,2-3,4	
I. puesta, %	92,1	91,5	92,9	1,1
Peso huevo, g	64,1	63,6	64,5	0,3
Masa huevo, g/d	59,1	58,2	59,9	0,8
Consumo, g/d	115,3	115,4	117,3	1,1
I. conversión, kg/kg	1,95	1,98	1,98	0,02
Aumento de PV, g/d	202 <sup>b</sup>	243 <sup>a</sup>	238 <sup>a</sup>	9,7

<sup>1</sup> Seis réplicas por tratamiento.

**Cuadro 2.- Efecto del cereal y del tamaño de las partículas (TMP) sobre la productividad en ponedoras rubias de 20-48 sem de edad (Safaa et al., 2009)**

	<b>Tamaño molienda</b>		
	<b>Fino, 6 mm</b>	<b>Medio, 8 mm</b>	<b>Grosero, 10 mm</b>
TMP <sup>1</sup> , µm			
Trigo	998	1.111	1.250
Maíz	774	922	1.165
Productividad <sup>2</sup>			
Consumo pienso, g/d	107,9 <sup>b</sup>	108,0 <sup>b</sup>	110,6 <sup>a</sup>
Í. puesta, %	79,9	79,9	81,6
Peso huevo, g	64,1	64,1	64,4
I. conversión	2,09	2,09	2,08

<sup>1</sup>Tamaño medio de partícula.

<sup>2</sup>Media de los piensos basados en maíz y en trigo (no se detectaron diferencias entre cereales).

**Cuadro 3.- Efecto del cereal sobre la productividad en ponedoras rubias de 20 a 48 semanas de vida<sup>1,2</sup> (Safaa et al., 2009)**

	<b>Maíz</b>	<b>Trigo</b>
Índice puesta, %	79,9	81,1
Peso huevo, g	64,5	64,0
Masa huevo, g/d	52,1	52,4
CMD, g	108,8	108,9
Í. conversión, kg/kg	2,09	2,08
Í. conversión, kg/docena	1,62	1,60
Mortalidad <sup>6</sup> , %	2,08	1,25
Ganancia PV <sup>5</sup> , g	483	494

<sup>1</sup> Cereales cribados a 6-, 8- y 10-mm, respectivamente. <sup>2</sup> Medias de 24 réplicas con 20 gallinas/tratamiento.

**Cuadro 4.- Efecto de la fuente de aceite soja sobre la productividad de ponedoras blancas de 44 a 56 semanas de vida<sup>1</sup> (Irandoost et al., 2012)**

	Aceite	Aceite reciclado	Oleínas	P
CMD, g	100	98,5	98,2	0,10
Í. puesta, %	85,9	86,4	85,0	0,39
Peso huevo, g	60,4	60,1	60,2	0,72
Masa huevo, g/d	51,9	51,9	51,1	0,07
Í. conversión, g/g	1,93	1,90	1,93	0,40
Ganancia PV, g	185	163	196	0,34

<sup>1</sup>Aceite de soja, aceite de soja reciclado de industrias de bollería y oleínas de soja.  
12 réplicas de 6 gallinas /tratamiento.

**Cuadro 5.- Efecto de la fuente de grasa sobre la productividad en ponedoras rubias de 22 a 54 semanas de vida (Pérez-Bonilla et al., 2011a)**

	Aceite soja <sup>1</sup>	Oleína vegetal <sup>2</sup>	Manteca <sup>3</sup>	EEM <sup>4</sup> (n = 8)
Grasa añadida, %	4	4	4	
Ácido linoleico, %	2,2-2,6	1,7-2,0	1,0-1,4	
Índice puesta, %	91,7	92,6	92,2	1,1
Peso huevo, g	64,3	64,5	63,5	0,3
Masa huevo, g/d	58,9	59,7	58,5	0,8
Consumo pienso, g/d	115,6	115,8	116,6	1,1
Í. conversión, kg/kg	1,96	1,94	1,99	0,02
Aumento de PV, g	221 <sup>b</sup>	210 <sup>b</sup>	251 <sup>a</sup>	9,7

<sup>1</sup> Contenido en ácido linoleico, C18:2 = 55%; <sup>2</sup> C18:2 = 25%; <sup>3</sup> C18:2 = 8,0%.

### 3.- PRESENTACIÓN DEL PIENSO Y TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

Existen muy pocos trabajos en relación al tamaño óptimo de las partículas del pienso en ponedoras comerciales. Diversos autores indican que la molienda fina aumenta el consumo mientras que otros autores observan un efecto contrario. Además, existe la creencia generalizada de que un tamaño grosero de las partículas del pienso favorece la selección por el ave, perjudicando el consumo uniforme de nutrientes. Las aves son granívoras y por tanto están bien adaptadas a la utilización de partículas groseras. Ensayos realizados en nuestro laboratorio (Safaa et al., 2009; de Vega et al., 2013) indican que la ponedora se adapta bien a moliendas de maíz y trigo entre 6 y 12 mm (Cuadro 6). Si las aves no pueden elegir, no se observan grandes diferencias en este rango de tamaños de partículas, con ligera preferencia por las de mayor tamaño (Safaa et al., 2009; cuadro 2). Por el contrario, si pueden elegir, por ejemplo, poniendo a su disposición pienso nuevo en

el comedero, las aves muestran preferencia por las partículas más groseras, con mayores diferencias con piensos basados en cebada que con piensos basados en maíz (Pérez-Bonilla et al., 2014a) (Cuadros 7 y 8). En cualquier caso, en avicultura se prefieren tamaños de partícula groseros pero uniformes, con ausencia de finos y de granos enteros.

**Cuadro 6.- Influencia del tamaño de molienda sobre la productividad en gallinas rubias durante todo el ciclo de puesta (De Vega et al., 2013)**

TMP <sup>1</sup> , $\mu$	CMD, g	IP, %	Tamaño huevo, g	IC, g/g
4	112	92	61,5	1,98
6	112	93	61,9	1,94
8	112	93	61,7	1,95
10	112	92	61,8	1,97
12	113	93	62,2	1,95
P	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Tamaño medio de partícula.

**Cuadro 7.- Selección por la ponedora de partículas groseras en piensos basados en maíz o trigo<sup>1</sup> (Pérez-Bonilla et al., 2014a)**

	TMP <sup>2</sup> , $\mu$		GSD <sup>3</sup>	
	06.00 a.m.	14.00 p.m.	06.00 a.m.	14.00 p.m.
Cebada	1.369	1.053	1,98	1,99
Maíz	1.168	928	2,10	2,03
EEM (n = 25)	6,7	10,2	0,01	0,01
P	***	***	***	**

<sup>1</sup>Media de moliendas de 4 a 12 semanas para ambos cereales.

<sup>2</sup>Tamaño medio de partícula.

<sup>3</sup>Logaritmo de la desviación estándar geométrica.

**Cuadro 8.- Selección por la ponedora de partículas de piensos basados en maíz y en cebada según tamaño de la molienda (Pérez-Bonilla et al., 2014a)**

TMP <sup>1</sup> $\mu$ m	Muestreo		Diferencia $\mu$
	06.00 a.m.	14.00 p.m.	
4	1.050	954	96
6	1.102	961	141
8	1.313	991	322
10	1.386	1.017	369
12	1.494	1.061	433
EEM (n = 10)	11,1	16,0	
P (L)	***	***	

<sup>1</sup>Tamaño medio de partícula

Existe cierta controversia sobre la bondad y beneficio de moler el pienso de ponedoras con molinos de rodillos o molinos de martillo. La molienda con rodillos permiten una mayor uniformidad de las partículas del pienso con menor porcentaje de finos que la molienda con martillos, lo que debiera beneficiar el consumo. Ensayos recientes realizados en nuestro laboratorio (Pérez-Bonilla et al., 2014b) muestran mejor aspecto visual del pienso pero escasas diferencias entre ambos métodos de molienda en el caso de piensos basados en trigo o maíz. Sin embargo, la utilización de rodillos no sería aconsejable en piensos basados en cebada por sus efectos perjudiciales sobre el consumo y la producción de huevos (cuadro 9).

**Cuadro 9.- Efectos de cereal y del tipo de molienda sobre la productividad en ponedoras rubias de 22 a 41 semanas de vida (Pérez Bonilla et al., 2014b)**

	Í. puesta, %	IC, kg/kg	CMD, g
Cereal			
Cebada	92,0 <sup>b</sup>	1,93	111,6 <sup>a</sup>
Maíz	92,8 <sup>a</sup>	1,93	110,9 <sup>b</sup>
Trigo	93,0 <sup>a</sup>	1,91	110,7 <sup>b</sup>
Molienda <sup>1</sup>			
Martillos	92,8	1,92	111,6
Rodillos	92,4	1,93	110,4

<sup>1</sup> La molienda con molino de rodillos aumentó el consumo y redujo la puesta en aves alimentadas con cebada ( $P < 0,05$ ) pero no tuvo efecto con trigo o maíz. Cinco réplicas (21 aves/tratamiento).

La presentación en migas facilita el consumo de pienso lo que puede ser beneficioso en pollitas de iniciación y al inicio del período de puesta en verano. La influencia de la presentación del pienso de pollitas (migas o microgránulos), ha sido estudiada recientemente en nuestro laboratorio (Frikha et al., 2009b; 2011; Saldaña et al., 2013, 2015a,b; Guzmán et al., 2015). En general, el consumo de pienso aumenta y el desperdicio del mismo disminuye, con la presentación en migas (Cuadros 10, 11 y 12). Como consecuencia, las migas mejoran de forma notable tanto el crecimiento como los índices de conversión de las aves y podrían mejorar ligeramente la uniformidad de las mismas (cuadro 13). El efecto beneficioso se manifiesta a cualquier edad, pero por razones económicas probablemente el uso de migas solo esté justificado durante las primeras semanas de vida. A tener en cuenta que las aves readaptan rápidamente su aparato digestivo, el consumo voluntario y el patrón de crecimiento a los cambios de pienso, por lo que los efectos beneficiosos de las migas sobre el crecimiento y el desarrollo digestivo de las pollitas no siempre se manifiestan durante la puesta, una vez las aves reciben un pienso comercial común (Harzalli et al., 2013; Bouali et al., 2013a,b). En ponedoras, el pienso en migas podría aumentar el consumo de agua y la humedad de las heces, aunque no existen evidencias científicas a este particular. De hecho, la presentación del pienso en gránulo en aves de carne, aumenta el consumo de agua pero también el consumo de pienso lo que resulta en solo ligeras diferencias en la relación agua: pienso y en la calidad de las excretas

(Jiménez-Moreno et al., 2015). Es recomendable la utilización de piensos en miga fina, uniforme y sin polvo, durante los primeros estadios de vida. En piensos basados en cereales, con granulometría correcta, las migas no parecen ser una alternativa atractiva en el momento actual a la harina grosera, debido al alto coste de los equipos y de energía precisa para la granulación.

**Cuadro 10.- Efecto de la concentración energética y la presentación del pienso sobre el crecimiento de pollitas rubias de 1 a 120 d de edad (Frikha et al., 2009a)**

	GMD, g	CMD, g	IC, g/g
EMAn <sup>1</sup>			
Baja	11,8 <sup>c</sup>	56,3 <sup>a</sup>	4,77 <sup>a</sup>
Media	12,1 <sup>b</sup>	54,5 <sup>b</sup>	4,51 <sup>b</sup>
Alta	12,3 <sup>a</sup>	52,2 <sup>c</sup>	4,23 <sup>c</sup>
Presentación <sup>2</sup>			
Harina	12,0 <sup>b</sup>	53,9	4,50
Gránulo	12,2 <sup>a</sup>	54,8	4,51

<sup>1</sup> 11,44, 12,05 y 12,66 MJ/kg de 1 a 45 d, 11,11, 11,71 y 12,32 MJ/kg de 46 a 85 d y 10,96, 11,55 y 12,13 MJ/kg de 86 a 120 d de edad para baja, media y alta energía, respectivamente.

<sup>2</sup> Piensos en harina para todas las aves de 45 a 120 d de edad.

6 réplicas/tratamiento.

**Cuadro 11.- Influencia de la presentación del pienso sobre la productividad en pollitas rubias de 0 a 5 sem de vida (Guzmán et al., 2015)**

	CMD, g	GMD, g	IC, g/g
Harina	21,5 <sup>a</sup>	9,2	2,32
Migas	21,2 <sup>b</sup>	9,9	2,16
DS (n = 6)	0,59	0,32	0,07
P <	**	***	***

**Cuadro 12.- Efecto de la presentación del pienso de pollitas rubias de 0 a 17 sem de vida (Saldaña et al., 2015b)**

	CMD, g	GMD, g	IC, g/g	EfE, kcal/g
Harina	49,7	11,6	4,27	11,7
Migas	52,9	12,7	4,18	11,3
DS (n = 30)	0,85	0,31	0,062	0,28
P <	***	***	***	***



**Cuadro 13.- Influencia de la presentación del pienso sobre la uniformidad en pollitas rubias de 0 a 35 d de edad<sup>1</sup> (Guzmán et al., 2015)**

	<b>Incubadora</b>	<b>7 d</b>	<b>35 d</b>
Harina	7,7	10,0	8,5
Migas	7,8	9,2	8,0

<sup>1</sup>Mayores valores indican menor uniformidad.

Diferencias no significativas.

#### 4.- CONCENTRACIÓN ENERGÉTICA DEL PIENSO

Las aves se adaptan bien a amplios rangos de concentración energética del alimento, excepto en el inicio de puesta en verano y en aves de peso bajo, situaciones en las cuales las necesidades energéticas para maximizar la producción de masa de huevo y crecimiento pueden ser superiores al consumo. En estos casos, la solución al problema debe venir de modificaciones en el manejo, densidad, ventilación o enfriamiento de la nave, siendo difícil obtener resultados positivos solo mediante cambios en el programa de alimentación.

Las necesidades energéticas de las pollitas varían con la edad. La concentración energética del pienso debe ser elevada en las primeras semanas de vida (2.920-2.960 kcal EMAn/kg de 0 a 5 sem) y relativamente reducidas a partir de las 10 semanas (< 2.700 a 2.720 kcal EMAn/kg). Pollitas y ponedoras, responden mejor a piensos concentrados que a piensos bajos en energía (cuadros 10, 14 y 15). Estudios realizados en nuestro departamento (Kimiaetalab et al., 2014a,b) indican de forma clara que las pollitas presentan un menor desarrollo de las vellosidades intestinales que los broilers (cuadro 16) pero que el suministro de un pienso de alta concentración nutricional, de 0 a 3 semanas de vida mejoraba el desarrollo de las vellosidades la productividad y el crecimiento de las aves. Sin embargo, otros trabajos, también realizados en nuestro laboratorio indican que estos efectos podrían no ser duraderos y desaparecer con la edad, un vez las aves reciben un pienso estándar común (Saldaña et al., 2015a,b) (cuadros 17 y 18).

**Cuadro 14.- Efecto de la concentración energética del pienso sobre la productividad en pollitas rubias de 0 a 17 semanas de vida (Saldaña et al., 2015b)**

<b>EMAn<sup>1</sup>, kcal/kg</b>	<b>CMD, g</b>	<b>GMD, g</b>	<b>IC, g/g</b>	<b>EfE, kcal/g</b>
Muy baja	53,3	12,0	4,43	11,6
Baja	52,1	12,1	4,31	11,5
Media	50,8	12,1	4,19	17,4
Alta	50,6	12,2	4,13	11,5
Muy alta	49,8	12,2	4,08	11,5
P (L) <	***	NS	***	NS

<sup>1</sup>50 kcal diferencia entre piensos.

**Cuadro 15.- Influencia del nivel energético del pienso sobre la productividad en pollitas rubias de 0 a 5 semanas de vida (Guzmán et al., 2015)**

EMAn (kcal/kg)	CMD, g	GMD, g	IC, g/g
2.850	21,4	9,4	2,28
2.900	21,4	9,6	2,24
2.950	21,5	9,4	2,26
3.000	21,2	9,6	2,20
3.050	20,9	9,9	2,14
P (L) <	*	0,13	***

**Cuadro 16.- Efectos del tipo de ave e inclusión de cascarilla de girasol (%)<sup>1</sup> sobre el desarrollo de las vellosidades intestinales (µm)<sup>2</sup> (Kimiaetalab et al., 2014)**

	Altura vellosidades	Profundidad criptas	AV:PC
Tipo de ave			
Broilers	1.109	131	8,6
Pollita	884	106	8,4
P <	***	***	†
Adición de cascarilla			
Control	967	116	8,5
Cascarilla girasol, 3%	997	118	8,6
P <	†	NS	NS

<sup>1</sup>Añadida a mayores.<sup>2</sup>Suministro de un pienso común de broilers iniciación a todas las aves.**Cuadro 17.- Efecto de la presentación del pienso en pollitas rubias de 0 a 17 semanas de vida (Saldaña et al., 2015b)**

Programa	Edad, sem <sup>1</sup>				CMD, g	GMD, g	IC, g/g
	0	5	10	17			
1	—————				52,0 <sup>a</sup>	12,3 <sup>a</sup>	4,22
2	—————				50,3 <sup>b</sup>	11,8 <sup>b</sup>	4,27
3	—————				50,0 <sup>v</sup>	11,7 <sup>b</sup>	2,28
4	—				51,1 <sup>ab</sup>	11,8 <sup>b</sup>	4,35
EEM (n = 9)					0,50	0,09	0,03
P <					***	***	***

<sup>1</sup>Edad al cambio de migas a harinas.

**Cuadro 18.- Efecto de la presentación del pienso en pollitas rubias de 5 a 10 sem de vida (Saldaña et al., 2015a)**

Programa pienso	Edad, sem <sup>1</sup>			CMD, g	GMD, g	IC, g/g
	0	5	10			
1	—————			58,7	17,3	3,39
2	—————			58,3	17,2	3,39
3	—————			56,0	16,2	3,45
4	—			56,1	16,2	3,47
EEM (n = 9)				0,57	0,18	0,03
P <				***	***	**

<sup>1</sup>Edad al cambio de migas a harinas.

Duración del suministro de miga previo.

En puesta, la concentración energética óptima del pienso, entre límites razonables (2.600 y 2.900 kcal EMAn/kg), viene marcado por el coste relativo de los ingredientes y el objetivo deseado en cuanto a índices de conversión. En cualquier caso, piensos poco concentrados tienden a reducir el consumo energético, especialmente en verano. Trabajos recientes realizados en nuestro laboratorio con pollitas (Frikha et al., 2009a; Saldaña et al., 2015; Guzmán et al., 2015) y ponedoras (Guzmán et al., 2013; Saldaña 2013; Bouali et al., 2013) muestran de forma clara que las aves adecuan su sistema digestivo a las características del pienso pero tienden a sobreconsumir energía en caso de piensos excesivamente concentrados y a reducir ligeramente su consumo energético con piensos muy bajos en energía. De hecho, Pérez-Bonilla et al. (2012a) compararon piensos de puesta que variaban en energía desde 2.650 hasta 2.950 kcal EMAn/kg. Observaron que el exceso de energía del pienso (2.950 kcal/kg) resultaba en gallinas de mayor peso al final del ciclo pero no en extra producción de masa de huevo. Por el contrario, piensos excesivamente bajos en energía (2.650 kcal/kg) no afectaron a los índices de puesta pero redujeron ligeramente el tamaño del huevo (cuadros 19 y 20). En pollitas, Frikha et al. (2009a) mostraron mayores crecimientos y mejores índices de conversión en pollitas rubias de 1 a 120 d de vida según se aumentaba la energía del pienso (cuadro 10). Sin embargo, en el trabajo de Guzmán et al. (2005) un incremento del nivel energético del pienso de pollitas de 0 a 5 sem de edad de 2.850 a 3.050 kcal de EMAn/kg, no llegó a mejorar el crecimiento ni la uniformidad (cuadros 15 y 19) pero sí los índices de conversión. Resultados similares, con ligeras mejoras en las conversiones y similares eficacias energéticas han sido presentadas por Saldaña et al. (2015b) trabajando con pollitas rubias de 0 a 17 semanas de vida (cuadro 14).

**Cuadro 19.- Influencia de la concentración energética del pienso sobre la uniformidad en pollitas rubias<sup>1</sup> (Guzmán et al., 2015)**

EMAn (kcal/kg)	Incubadora	7 d	35 d
2.850	7,6	8,9	8,6
2.900	7,7	9,5	8,0
2.950	7,8	9,8	8,2
3.000	7,6	10,0	8,0
3.050	8,0	9,8	8,4

<sup>1</sup>Mayores valores indican menor uniformidad.

P > 0,10.

**Cuadro 20.- Proteína bruta<sup>1</sup> y peso vivo inicial de las pollitas a 17 sem. Datos en puesta de ponedoras<sup>2</sup> de 22 a 50 semanas de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012b)**

PB (%)	Grasa (%)	PV inicial	CMD (g)	IC (kg/kg)	GMD (g)
18,5	3,6	Alto	122,4	2,01	241
		Bajo	113,2	2,03	290
18,5	1,8	Alto	121,2	2,03	233
		Bajo	115,0	2,03	275
17,5	1,8	Alto	119,2	1,99	224
		Bajo	114,8	2,04	332
16,5	1,8	Alto	119,7	2,02	234
		Bajo	112,6	2,03	260

<sup>1</sup>Dietas isonutritivas. <sup>2</sup> 1.860 y 1.592 g para gallinas con alto y bajo PV, respectivamente. Cuatro réplicas (21 aves) por tratamiento.

## 5.- PROTEÍNA BRUTA, AMINOÁCIDOS AZUFRADOS Y PROTEÍNA IDEAL

Las aves no tienen necesidades específicas en proteína bruta sino en aminoácidos esenciales. Por tanto, no sería necesario establecer límites mínimos en cuanto a necesidades proteicas. Sin embargo, y como medida de seguridad, se recomienda incluir en formulación un mínimo y un máximo en proteína bruta; el mínimo reduce la posibilidad de que un quinto aminoácido esencial no contemplado en formulación limite la productividad y el máximo ayuda a controlar la contaminación ambiental y a reducir la incidencia de camas húmedas y huevos sucios. En el trabajo de Pérez-Bonilla et al. (2012b) se observa como la utilización de un pienso con solo 16,5% de PB en pollitas de bajo o alto peso vivo inicial no afectó la productividad durante el ciclo productivo (cuadros 20 y 21). A efectos prácticos, niveles reducidos de proteína bruta en el pienso (< 15,5%) tienden a reducir el porcentaje de huevos XL probablemente por deficiencia en algún aminoácido esencial no considerado en formulación.

**Cuadro 21.- Influencia de la proteína bruta<sup>1</sup> y el peso vivo de la pollita a 17 sem sobre la puesta de ponedoras<sup>2</sup> de 22 a 50 semanas edad (Pérez-Bonilla et al., 2011b)**

PB, %	Grasa, %	PV inicial	Í. puesta, %	P. huevo, g	Masa huevo, g/d
18,5	3,6	Alto	93,6	65,2	61,0
		Bajo	88,6	62,9	55,8
18,5	1,8	Alto	91,6	65,2	59,7
		Bajo	91,4	61,9	56,6
17,5	1,8	Alto	92,4	64,9	60,0
		Bajo	90,3	62,5	56,4
16,5	1,8	Alto	92,3	64,3	59,3
		Bajo	89,1	62,4	55,6

<sup>1</sup> Dietas isonutritivas.

<sup>2</sup> 1.860 y 1.592 g para gallinas de alto y bajo peso vivo inicial, respectivamente. Cuatro réplicas (21 aves) por tratamiento.

Las necesidades en aminoácidos de pollitas y ponedoras de estirpes blancas están bien documentadas. Sin embargo, existen pocas revisiones recientes en aves rubias. Debe tenerse en cuenta que las necesidades en aminoácidos depende de los objetivos marcados, en especial en relación con el tamaño del huevo. En cualquier caso, el consumo de cualquier aminoácido por encima de las necesidades no tiene efecto alguno sobre ninguno de los parámetros productivos. Trabajos realizados en nuestro Departamento (Safaa et al., 2008a; Pérez-Bonilla et al., 2012b) parecen indicar que los niveles de aminoácidos utilizados en España, en particular para la Lys y los azufrados, son excesivos y solo tendrían justificación en caso de aves con un consumo de pienso muy reducido y al inicio del periodo productivo (Cuadro 22).

**Cuadro 22.- Efectos de la nutrición sobre el peso huevo<sup>1</sup> en ponedoras rubias de 50-72 semanas de vida (Safaa et al., 2008b)**

	Exp. 1	Exp. 2
Metionina, %		
0,31	65,6	68,7
0,36	65,6	69,0
AG linoleico, %		
1,12	65,8	68,8
1,60	65,4	68,8
Grasa añadida <sup>3</sup> , %		
1,10	64,9 <sup>a</sup>	68,6
3,00	66,3 <sup>b</sup>	69,1

<sup>1</sup> Pienso isonutritivos (2.750 kcal EMAn/kg).

Una vez decidido el nivel de Met del pienso, principal aminoácido limitante para tamaño de huevo, el resto de aminoácidos se determina en base al criterio de proteína ideal. En los cuadros 23, 24, 25 y 26 se ofrece un estudio comparativo sobre la relación entre aminoácidos según diversas fuentes, utilizando la Lys digestible como patrón. A destacar las diferencias entre autores, en particular en relación con aquellos aminoácidos menos estudiados. En cualquier caso, se observa que la proteína ideal, tal y como se propuso en Fedna (2008) podría modificarse en el sentido de aumentar ligeramente, con respecto a la Lys, las necesidades en aminoácidos azufrados y Trp y reducir fuertemente las necesidades en Ile y Val.

**Cuadro 23.- Proteína ideal en ponedoras en relación con Lys digestible (Centros e Instituciones)**

	<b>Fedna (2008)</b>	<b>Brazil (2011)</b>	<b>NRC<sup>1</sup> (1994)</b>	<b>CVB<sup>1</sup> (2008)</b>	<b>CVB<sup>2</sup> (1996)</b>	<b>AWT<sup>1</sup> (2006)</b>	<b>Rusia<sup>1</sup> (2014)</b>
Met	49 ↓	50	43	50	45	50	55
M+C	87	91	84	93	84	88	93
Thr	70 ↓	76	68	66	64	62	71
Trp	20 ↑	23	23	19	18	-	23
Arg	110 ↓	100	101	-	-	-	111
Ile	85 ↓	76	94	79	74	-	80
Val	98 ↓	95	101	86	81	-	78

<sup>1</sup> Blancas.

<sup>2</sup> Rubias.

**Cuadro 24.- Proteína ideal en ponedoras en relación con Lys digestible. Autores en investigaciones publicadas**

	<b>Fedna<sup>1</sup> 2008</b>	<b>Bregendahl et al.,<sup>2</sup> 2008</b>	<b>Coon &amp; Zang<sup>2</sup> 1999</b>	<b>Lesson &amp; Summers<sup>2</sup> 2005</b>	<b>Lemme<sup>2</sup> 2009</b>	<b>Schutte et al.,<sup>2</sup> 1998</b>
Met	49	47	49	51	50	-
M+C	87	94	81	88	91	84
Thr	70 ↑	77	73	80	70	64
Trp	20 ↑	22	20	21	21	18
Arg	110 ↓	107	130	103	104	-
Ile	85 ↓	79	86	79	80	74
Val	98 ↓	93	102	89	88	78

<sup>1</sup> Flechas indican tendencias para la segunda edición Fedna (2015).

<sup>2</sup> Gallinas rubias.

**Cuadro 25.- Proteína ideal en ponedoras en relación con Lys digestible. Estirpes comerciales**

AA	Fedna <sup>1</sup> 2008	Lohman <sup>2</sup> 2012	Hy-Line <sup>2</sup> 2012	ISA Brown <sup>2</sup> 2010	H-N <sup>2</sup> 2012
Met	49 ↑	51	49	54	50
M+C	87 ↑	92	87	86	92
Thr	70	69	70	70	69
Trp	20 ↑	21	21	22	21
Arg	110 ↓	105	108	-	104
Ile	85 ↓	80	79	90	79
Val	98 ↓	88	91	96	87

<sup>1</sup> Flechas indican tendencias para la segunda edición Fedna (2015). <sup>2</sup> Rubias.

<sup>3</sup> Leu: 108 vs. > 122.

**Cuadro 26.- Proteína ideal en ponedoras en relación con Lys digestible (Empresas del sector de aditivos)**

AA	Fedna (2008)	Evonik (2014)	Ajinomoto (2014)	Adisseo (2013)
Met	49 ↑	50	-	51
M+C	87 ↑	91	85	85
Thr	70	70	70	69
Trp	20 ↑	21	24	18
Arg	110 ↓	104	110	100
Ile	85 ↓↓	79	80	79
Val	98 ↓↓	87	90	94

<sup>3</sup> Blancas.

## 6.- FIBRA DIETÉTICA

Las necesidades en fibra dietética y sus efectos sobre la fisiología digestiva, la salud intestinal y la productividad de las aves no están bien documentadas. De hecho, la mayoría de las empresas aún formulan base a fibra bruta y con un criterio negativo sobre la necesidad de este nutriente en avicultura. El pensamiento más extendido es que la fibra perjudica los rendimientos productivos, por lo que se debe exigir un nivel máximo de inclusión. Claramente, un exceso de ingredientes fibrosos afecta a la palatabilidad, consumo y digestibilidad de los nutrientes pero informaciones recientes indican que el nivel aceptable es superior al estimado en la actualidad y que además, depende del tipo de fibra considerado (González-Alvarado et al., 2007; Mateos et al., 2002, 2012; Guzmán et al., 2015). Un mínimo de fibra favorece el desarrollo y la actividad de la molleja y estimula la motilidad intestinal, el reflujo de la digesta y la producción de ácidos y enzimas digestivos

(Jiménez-Moreno et al., 2008, 2009). Todo ello beneficia los procesos de calcificación (mejora de la solubilidad de las sales minerales) y la utilización de la proteína de origen vegetal (reducción del pH y activación de la pepsina) en primeras edades. La inclusión de niveles moderados de fibra de calidad puede ayudar a modificar el perfil de la flora intestinal, especialmente a nivel de los ciegos, aumentando la flora celulolítica a expensas de la flora proteolítica (Mateos et al., 2012). Como consecuencia, niveles adecuados de fibra pueden ayudar en el control de *Salmonella* spp y otros microorganismos patógenos.

Es difícil hacer recomendaciones prácticas en relación con el suministro de fibra en base al comportamiento de las pollitas y aves de puesta ya que depende del objetivo prioritario: a) mejora de la digestibilidad de los nutrientes y del consumo de pienso y b) mejora del bienestar animal. Es frecuente suministrar piensos ricos en fibra en esta fase a fin de asegurar un buen desarrollo del aparato digestivo que pueda maximizar el consumo en inicio de puesta. Esta práctica nutricional tiene sentido lógico. Sin embargo, trabajos realizados en nuestro laboratorio (Guzmán et al., 2013; Saldaña et al., 2013) indican que los efectos positivos de la inclusión de niveles altos de fibra o la presentación del pienso en forma de harina grosera mejoran la capacidad del tracto gastrointestinal y de la molleja con un reducción significativa del pH del contenido digestivo en este órgano. Sin, embargo, este efecto desaparece rápidamente una vez que las pollitas reciben un pienso comercial común al inicio de la puesta, de forma que los efectos sobre la producción de huevos y el tamaño del mismo, son muy limitados y desaparecen con el tiempo.

Las necesidades en FND de pollitas y ponedoras no han sido determinadas en detalle. Probablemente, las pollitas sean menos sensibles a variaciones en el contenido en fibra dietética de los piensos que los pollos broilers. En pollitas, un defecto de fibra estructural puede dar lugar a menores rendimientos productivos y reducción en la eficiencia energética del pienso (Guzmán et al., 2012, 2015). En ponedoras, niveles excesivamente bajos de fibra inciden negativamente sobre el fisiologismo digestivo y el bienestar del ave, lo que resulta en pobre consistencia de las excretas y mayor incidencia de picaje, lo que es importante en producciones sobre suelo o en libertad (Hartini et al., 2002). De hecho, existe una clara correlación positiva entre aspecto general del emplume de las aves y el nivel de fibra del pienso.

Recientes ensayos realizados en nuestro departamento (Mateos et al., 2012; 2013; 2014; Kimiaetalab et al., 2014b; Guzmán et al., 2015; Jiménez-Moreno et al., 2015) indican que las aves jóvenes (broilers y pollitas en recría) se benefician del consumo de dietas que contienen 3,5 a 4,5% de fibra bruta en relación con el consumo de las mismas dietas en base a cereales y fuentes proteicas bajas en fibra (Cuadros 27, 28, 29, 30 y 31). Más aún, las aves de puesta podrían beneficiarse en mayor medida que las pollitas jóvenes de la utilización en el pienso de subproductos de la alimentación humana, ricos en fibra dietética. De hecho, si tienen acceso libre, las aves tienden a ingerir mayores cantidades de cama cuando los piensos son pobres en este nutriente (Hetland y Svihus, 2007). Por contra, niveles altos de fibra soluble afectan al consumo y caso de que esta fibra esté unida a la proteína u otros nutrientes, reducen el valor nutricional del pienso.



**Cuadro 27.- Efectos de la inclusión de fibra<sup>1</sup> en piensos de pollitas de 0 a 17 semanas de vida sobre el tamaño de la molleja (% PV) (Guzmán et al., 2015)**

	5 sem	10 sem	17 sem
Control	5,1	4,2	3,6
Paja	5,4	4,5	3,9
Pulpa remolacha	5,4	4,5	3,8
DS (n = 10)	0,53	0,31	0,40
P <	NS	**	NS

<sup>1</sup>Media de los piensos con 2 y 4% de fibra añadida a mayores.

**Cuadro 28.- Efectos de la fibra<sup>1,2</sup> con piensos de pollitas de 0 a 17 semanas de vida sobre el pH de la molleja (Guzmán et al., 2015)**

	5 sem	10 sem	17 sem
Control	2,9	2,9	3,2
Paja	2,9	2,5	3,2
Pulpa remolacha	2,9	2,7	3,3
P <	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Media de 2 y 4% de fibra a mayores.

<sup>2</sup>10 réplicas/tratamiento.

**Cuadro 29.- Influencia de la inclusión de fibra<sup>1</sup> sobre la productividad en pollitas rubias de 0 a 5 semanas de vida (Guzmán et al., 2015)**

EMAn (kcal/kg)	CMD, g	GMD, g	IC, g/g	EfE, kcal/g
Control	19,2 <sup>b</sup>	8,11 <sup>b</sup>	2,37	7,0 <sup>a</sup>
Cáscara girasol	20,0 <sup>a</sup>	8,56 <sup>a</sup>	2,34	6,8 <sup>ab</sup>
Pulpa remolacha	19,9 <sup>a</sup>	8,32 <sup>ab</sup>	2,39	6,7 <sup>b</sup>
P <	**	**	NS	*

<sup>1</sup>Media de 2 y 4% incluida a mayores.

**Cuadro 30.- Influencia del tipo de ave y la inclusión de cascarilla de girasol sobre la digestibilidad de los nutrientes a 7 días de edad (Kimiaetalab et al., 2014)**

	Materia orgánica, %	Nitrógeno <sup>2</sup> , %	EMAn, kcal/kg
Tipo de ave			
Broiler	77,1	62,5	3.109
Pollita	74,1	50,4	2.913
P	***	***	***
Adición de fibra			
Control	75,5	55,6	2.988
Cascarilla girasol, 3%	75,7	57,3	3.034
P	NS	NS	*

<sup>1</sup>Añadida a mayores.

<sup>2</sup>Pienso de inicio broilers.

**Cuadro 31.- Influencia del tipo de ave y la inclusión de cascarilla de girasol (%)<sup>1</sup> sobre la productividad en pollitas rubias de 1 a 21 días de edad<sup>2</sup> (Kimiaicitalab et al., 2014b)**

	CMD, g	GMD, g	IC, g/g	EfE, kcal/g
Tipo de ave				
Broiler	34,4	47,6	1,39	4,1
Pollita	8,7	16,1	1,86	5,3
P	***	***	***	***
Adición de fibra				
Control	21,6	31,7	1,61	4,8
Cascarilla girasol, 3%	21,4	32,0	1,63	4,7
P	NS	NS	NS	*

<sup>1</sup>Añadida a mayores.

<sup>2</sup>Pienso de inicio de broilers.

## 7.- ÁCIDO LINOLEICO Y GRASA AÑADIDA

En pollitas comerciales el nivel de C18:2 normalmente recomendado por los centros de investigación está en torno al 1% (NRC, 1994; Hy Line, 2013) pero no sabemos de trabajo alguno que haya estimado este valor de forma científica. La mayoría de los trabajos publicados indican que para maximizar la puesta y el tamaño del huevo, las aves no precisan más de 1,10% de C18:2 (Jensen y Shutze, 1963; Scragg et al., 1987; NRC, 1994; Grobas et al., 1999a,b,c, 2001; Safaa et al., 2008a; IsaBrown, 2011). Sin embargo, las empresas suministradoras de genética (Lohman, 2013) y los técnicos de la industria recomiendan niveles a menudo por encima del 1,5-1,9%, especialmente al inicio del período de puesta (cuadro 34). Las discrepancias pueden explicarse en parte en base a dos razonamientos. En primer lugar, el contenido en C18:2 de las materias primas es inferior al indicado en la mayoría de las tablas ya que no todo el extracto etéreo analizado en el laboratorio se corresponde con grasa verdadera (Fedna, 2010). En segundo lugar, para elevar el nivel de C18:2 del pienso utilizamos normalmente grasas vegetales insaturadas y la grasa suplementaria mejora el tamaño del huevo (Grobas et al., 1999b,c; Safaa et al., 2008a; Pérez-Bonilla et al., 2012; Mirzaie et al., 2012). Por tanto, la mejora observada en el tamaño del huevo al elevar el nivel de C18:2 puede deberse a la grasa añadida “per se” y no al ácido graso (cuadros 22, 32 y 35). Las necesidades en ácido linoleico de las ponedoras son posiblemente inferiores a los niveles normalmente recomendados por la industria para maximizar el tamaño del huevo. Es muy probable que niveles en torno al 1,2-1,3% permitan maximizar el tamaño del huevo siempre que los niveles de grasa añadida sean superiores al 3,0-3,5%. En la práctica, cuando el nutricionista eleva el nivel de linoleico por encima del 1,3% sube al mismo tiempo el nivel de grasa añadida. De hecho, en condiciones de campo los efectos del ácido linoleico, nivel de grasa añadida y concentración en energía neta del pienso están confundidos. En el cuadro 35 se muestra datos recolectados en el manual ISA Brown (2011) sobre la media de mejora espesando en el peso del huevo al aumentar el nivel de grasa añadida.

**Cuadro 32.- Efecto del nivel de ácido linoleico sobre el peso del huevo en ponedoras de 22 a 69 semanas de edad (Scragg et al., 1987)**

C18:2, %		Peso huevo, g	Nivel de grasa <sup>1</sup> , %
Determinado	Calculado		
0,72	0,54	61,2	1,5
1,17	0,95	62,5	2,2
1,14	0,96	62,2	4,5
2,33	2,15	63,4	4,6
1,33	0,95	62,5	4,6
1,37	0,95	63,1	4,5

<sup>1</sup> Analizado.**Cuadro 33.- Ácido linoleico y peso del huevo en ponedoras rubias de 22 a 54 semanas de edad (Pérez-Bonilla et al., 2011a)**

Cereal	Grasa	EE, %	C18:2, %	P. huevo, g
Maíz	A. soja	4,6	3,4	64,9
Cebada	A. soja	4,2	3,1	64,1
Trigo	A. soja	4,1	3,0	64,0
Maíz	Ol. vegetal	4,6	2,1	65,0
Cebada	Ol. vegetal	4,2	1,8	64,3
Trigo	Ol. vegetal	4,1	1,7	64,2
Maíz	Manteca	4,6	1,2	63,6
Cebada	Manteca	4,2	0,9	64,0
Trigo	Manteca	4,1	0,8	62,8

Cuatro réplicas/tratamiento.

**Cuadro 34.- Influencia del nivel de inclusión de grasa sobre el tamaño del huevo (ISA Brown, 2011)**

Autor	Grasa añadida, %	Peso huevo
1	0-3	+0,56
2	2-4	+0,04
3	0-2	+0,12
4	0-6	+1,51
5	0-5	+0,58
Media		0,56

## 8.- TAMAÑO DEL HUEVO

En nuestro país existe un gran interés por obtener huevos de gran tamaño al inicio de la puesta, ya que se valora de forma descompensada el huevo XL. Los factores claves a considerar a este particular son 1) peso y madurez fisiológica de la pollita al inicio del periodo de puesta, 2) nivel de Met, aminoácido normalmente limitante en producción de huevos, 3) nivel de ácido linoleico, 4) nivel de grasa añadida y 5) nivel energético del pienso. Puntos importantes a considerar son los siguientes:

- Se estima (Pérez-Bonilla et al., 2012a,b) que por cada 100 g extras de peso vivo, el tamaño medio del huevo durante la puesta aumenta en torno a los 0,8-1,0 g. Datos a este particular se ofrecen en los cuadros 35, 36, 37 y 38.

**Cuadro 35.- Concentración energética del pienso y peso inicial del ave. Datos en puesta de ponedoras<sup>1,2</sup> de 24 a 60 semanas de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012a)**

EMAn (kcal/kg)	PV inicial	Ingesta (EM kcal/d)	Efic. energ. (Kcal/g huevo)	GMD (g)
2.650	Alto	307	5,45	272
	Bajo	301	5,40	239
2.750	Alto	317	5,37	284
	Bajo	309	5,42	316
2.850	Alto	322	5,39	331
	Bajo	310	5,36	320
2.950	Alto	328	5,58	365
	Bajo	321	5,60	352

<sup>1</sup> 1,733 y 1,606 g para aves de alto y bajo peso vivo, respectivamente.

<sup>2</sup> Cinco réplicas (13 aves)/tratamiento.

**Cuadro 36.- Efecto de la energía del pienso y el peso inicial de la pollita sobre la productividad<sup>1,2</sup> de 24 a 60 semanas de edad vida (Pérez-Bonilla et al., 2012a)**

	CMD, g	IC, kg/kg	IC, kg/doc
AMEn, kcal/kg			
2.650	114,8 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>
2.750	114,0 <sup>a</sup>	1,96 <sup>b</sup>	1,48 <sup>b</sup>
2.850	111,0 <sup>b</sup>	1,89 <sup>c</sup>	1,42 <sup>c</sup>
2.950	110,0 <sup>b</sup>	1,89 <sup>c</sup>	1,44 <sup>c</sup>
PV inicial			
Alto	113,9 <sup>a</sup>	1,95	1,49 <sup>a</sup>
Bajo	111,0 <sup>b</sup>	1,95	1,46 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> 1,733 y 1,606 g, para alto y bajo peso vivo, respectivamente.

<sup>2</sup> Cinco réplicas (13 aves)/tratamiento.

**Cuadro 37.- Efecto de la energía del pienso y el peso inicial de la pollita sobre la productividad<sup>1,2</sup> de 24 a 60 semanas de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012a)**

	Puesta, %	P. huevo, g	Masa huevo, g/d
AMEn, kcal/kg			
2.650	88,8 <sup>c</sup>	63,1	56,1 <sup>b</sup>
2.750	91,2 <sup>ab</sup>	63,7	58,1 <sup>a</sup>
2.850	92,7 <sup>a</sup>	63,5	58,8 <sup>a</sup>
2.950	90,5 <sup>bc</sup>	64,1	58,1 <sup>a</sup>
PV inicial			
Alto	91,2	64,2 <sup>a</sup>	58,5 <sup>a</sup>
Bajo	90,5	63,0 <sup>b</sup>	57,0 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> 1,733 y 1,606 g, para gallinas de alto y bajo peso vivo, respectivamente.

<sup>2</sup> Cinco réplicas (13 aves)/tratamiento.

**Cuadro 38.- Efecto de la energía del pienso y el peso inicial de la pollita sobre la productividad<sup>1,2</sup> de 24 a 60 semanas de edad (Pérez-Bonilla et al., 2012a)**

	Ingesta EM, kcal/g/d	EEn, kcal/g huevo	GMD, g
AMEn, kcal/kg			
2.650	304 <sup>c</sup>	5,42 <sup>b</sup>	255 <sup>c</sup>
2.750	313 <sup>b</sup>	5,39 <sup>b</sup>	300 <sup>bc</sup>
2.850	316 <sup>b</sup>	5,38 <sup>b</sup>	325 <sup>ab</sup>
2.950	324 <sup>a</sup>	5,58 <sup>a</sup>	359 <sup>a</sup>
PV inicial			
Alto	319 <sup>a</sup>	5,45	313
Bajo	310 <sup>b</sup>	5,44	307

<sup>1</sup> 1,733 y 1,606 g, para alto y bajo peso vivo, respectivamente.

<sup>2</sup> Cinco réplicas (13 aves)/tratamiento.

- Una subida del nivel de Met a fin de aumentar el tamaño del huevo debe ir acompañado de una subida del resto de los aminoácidos esenciales, cumpliendo siempre con el concepto de proteína ideal. El exceso de Met no resulta en aumento alguno del peso del huevo (Safaa et al., 2008a; Pérez-Bonilla et al., 2011).
- Un nivel reducido (< 1,1-1,2%) de C18:2 afecta al tamaño de la yema y por ende al tamaño de la clara. Dado el desconocimiento existente sobre el contenido real en C18:2 de las diversas materias primas y la gran variabilidad existente (p. ej., contenido en grasa y por tanto en ácido linoleico del maíz y de la soja integral) se recomienda un mínimo en la práctica del 1,30-1,35% (Grobas et al., 1999a,b).
- La inclusión de grasa en el pienso (> 3%) aumenta el tamaño del huevo. El aumento se debe tanto a la mayor cantidad de yema como del albumen (Grobas et al., 1999b,c, 2001). Si el nivel de C18:2 no alcanza el mínimo necesario (1,1-1,2%), la adición de

grasa extra no tiene efecto alguno. Asimismo, el efecto beneficioso de la grasa añadida parece ser superior con grasas insaturadas de origen vegetal que con grasas saturadas de origen animal (Pérez-Bonilla et al., 2011).

- Niveles altos de energía en el pienso tienden a mejorar ligeramente el tamaño del huevo. Sin embargo, un exceso pronunciado de la concentración energética del mismo, da lugar a mayor peso de las aves con escaso efecto sobre el tamaño del huevo (Pérez-Bonilla et al., 2012a). Datos a este particular se ofrecen en los cuadros 39 y 40.

**Cuadro 39.- Concentración energética del pienso y peso inicial del ave. Datos en puesta de ponedoras<sup>1,2</sup> de 24 a 60 sem de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012a)**

EMAn, kcal/kg	PV inicial	CMD, g	IC, kg/kg	IC, kg/doc.
2.650	Alto	115.9	2.06	1.55
	Bajo	113.6	2.05	1.52
2.750	Alto	115.4	1.95	1.49
	Bajo	112.5	1.98	1.47
2.850	Alto	113.0	1.90	1.44
	Bajo	108.9	1.88	1.40
2.950	Alto	111.1	1.89	1.45
	Bajo	108.9	1.89	1.43

<sup>1</sup> 1,733 y 1,606 g, para alto y bajo peso vivo, respectivamente.

<sup>2</sup> Cinco réplicas (13 aves)/tratamiento.

**Cuadro 40.- Concentración energética del pienso y peso inicial del ave. Datos en puesta de ponedoras<sup>1,2</sup> de 24 a 60 sem de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012a)**

EMAn, kcal/kg	PV inicial	Í. puesta, %	P. huevo, g	Masa, g/d
2.650	Alto	88,8	63,5	56,4
	Bajo	88,9	62,8	55,8
2.750	Alto	91,7	64,5	59,1
	Bajo	90,8	62,9	57,1
2.850	Alto	93,2	64,1	59,8
	Bajo	92,2	62,8	57,9
2.950	Alto	91,0	64,6	58,8
	Bajo	90,1	63,7	57,4
P (n = 5)		*** L, Q	NS	** L, Q

<sup>1</sup> 1,733 y 1,606 g, para aves de alto y bajo peso vivo, respectivamente.

<sup>2</sup> Cinco réplicas (13 aves)/tratamiento.

- No son necesarios niveles de proteína bruta superiores al 16,5% para maximizar el tamaño del huevo al inicio de puesta, siempre que se cumpla con los 5 aminoácidos indispensables (incluido Ile) en valores digestibles (cuadros 41 y 42).

**Cuadro 41.- Proteína bruta<sup>1</sup> y peso vivo inicial de las pollitas a 17 sem sobre la productividad de ponedoras<sup>2</sup> de 22 a 50 sem de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012b)**

	Grasa, %	CMD, g	IC, kg/kg	IC, kg/do.	GMD, g
Pienso, % PB					
18,5	3,6	117,8	2,02	1,56	266
18,5	1,8	118,1	2,03	1,55	254
17,5	1,8	117,0	2,01	1,54	278
16,5	1,8	116,1	2,02	1,54	247
PV inicial <sup>3</sup>					
Alto		120,6 <sup>a</sup>	2,01	1,57 <sup>a</sup>	233 <sup>b</sup>
Bajo		113,9 <sup>b</sup>	2,03	1,52 <sup>b</sup>	289 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> Dietas isonutritivas.

<sup>2</sup> 1.860 y 1.592 g para alto y bajo peso vivo, respectivamente.  
Cuatro réplicas (21 aves) por tratamiento.

**Cuadro 42.- Proteína bruta<sup>1</sup> y peso vivo inicial de las pollitas a 17 sem. Datos en puesta de ponedoras<sup>2</sup> de 22 a 50 semanas de vida (Pérez-Bonilla et al., 2012b)**

	Grasa, %	Í. Puesta, %	P. huevo, g	Masa huevo, g/d
Pienso, % PB				
18,5	3,6	91,1	64,1	58,4
18,5	1,8	91,5	63,6	58,2
17,5	1,8	91,3	63,7	58,2
16,5	1,8	90,7	63,3	57,4
PV inicial <sup>3</sup>				
Alto		92,5 <sup>a</sup>	64,9 <sup>a</sup>	60,0 <sup>a</sup>
Bajo		89,8 <sup>b</sup>	62,4 <sup>b</sup>	56,1 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Dietas isonutritivas.

<sup>2</sup> 1.860 y 1.592 g para alto y bajo PV, respectivamente.  
Cuatro réplicas (21 aves) por tratamiento.

## 9.- CALIDAD DE LA CÁSCARA

Las necesidades minerales de las aves en relación con la calidad de la cáscara han sido estudiadas por numerosos investigadores. Al aumentar el nivel de Ca del pienso por encima de 2,5% aumentó el consumo y la puesta, sin afectar al peso del huevo pero mejorando la calidad de la cáscara (cuadro 43). Trabajos recientes de nuestro laboratorio (Safaa et al., 2009) han mostrado que niveles de Ca inferiores al 3,5% reducen la productividad y la calidad de la cáscara del huevo en gallinas rubias de más de 50 semanas de edad (cuadro 44). En el inicio de la puesta es recomendable no excederse en el nivel de Ca a utilizar (< 3,75%) ya que el exceso reduce el consumo y aumenta la humedad de las heces (Leeson y Summers, 2005). En aves viejas, el exceso de Ca (> 4,5%) no parece crear

perjuicio alguno Es una práctica común de la industria utilizar un porcentaje del carbonato cálcico de la dieta en forma granular (aproximadamente un 30 a 70% del total en función de la edad). La razón de esta práctica es mejorar la disponibilidad del Ca ya que las partículas groseras se solubilizan más lentamente y permanecen por períodos más largos de tiempo en la molleja que las finas, lo que permite al ave disponer de Ca de origen dietético durante parte del ciclo de oscuridad. Sin embargo, experiencias realizadas en nuestro laboratorio (Safaa et al., 2009) han mostrado que este efecto, aunque observable, no es muy importante. En este trabajo se observó que los efectos de suplementar el carbonato cálcico con harina fina grosera (3-4 mm Ø) o conchilla de ostras, tenía poco efecto sobre la productividad de las aves o la calidad de la cáscara bajo condiciones experimentales. De hecho, piensos en migas donde todo el carbonato cálcico se incluye en forma de harina, no presentan más problemas de cáscara que piensos en harina de calidad similar. En los cuadros 45 y 46 ofrecemos las especificaciones nutricionales para gallinas rubias adaptadas de Fedna (2008). En los cuadros 47 y 48 se incluye un estudio comparativo de las necesidades nutricionales de gallinas ponedoras según diversas instituciones y casas de genética. A destacar la amplia variación en recomendaciones de las diversas fuentes, indicativo de una falta de conocimientos.

**Cuadro 43.- Efecto del nivel de Ca del pienso sobre la productividad en gallinas blancas<sup>1</sup>**  
(Roland y Bryant, 1994)

Ca (%)	CMD (g)	I. puesta (%)	Peso huevo (g)	Gravedad específica, m
2,5	110,1	89,1	53,0	1,0845
2,9	109,5	90,8	53,1	1,0864
3,3	108,6	91,7	52,9	1,0867
3,7	107,2	90,9	52,9	1,0870
4,1	106,1	90,7	52,8	1,0879
4,5	105,7	90,2	52,9	1,0875
P <	**L	NS	NS	**L

<sup>1</sup>24 a 27 semanas.

**Cuadro 44.- Influencia del nivel y tipo de Ca sobre la calidad cáscara y el contenido en cenizas de la tibia (Safaa et al., 2008b)**

	Ca, %		Fuente de Ca		
	3.5	4.0	Fino	Grosero	Conchilla
Peso cáscara, %	9,98 <sup>a</sup>	10,20 <sup>b</sup>	10,04	10,13	10,10
Espesor cáscara, µm	342 <sup>a</sup>	351 <sup>b</sup>	348	344	347
Cenizas en tibia, %	55,5	55,8	55,7	54,4	56,8
Huevos rotos, %	0,64 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>	0,55	0,57	0,66



**Cuadro 45.- Especificaciones nutricionales (%) en gallinas rubias (adaptado de Fedna, 2008)**

	< 50 sem <sup>1</sup>	> 50 sem	Problemas cáscara
EMAn, kcal/kg	≥ 2.750	2.730	2.700
CP	16,5	15,8	15,0
Lys	0,80	0,71	0,68
Lys dig.	0,67	0,60	0,56
Met <sup>2</sup>	0,40	0,35	0,33

<sup>1</sup>Consumo > 110 g/d.<sup>2</sup>Otros aminoácidos, ver la proteína ideal.**Cuadro 46.- Especificaciones nutricionales (%) en gallinas rubias (adaptado de Fedna, 2008)**

	< 50 sem	> 50 sem	Mejora cáscara
Ca, mín	3,75	3,90	4,20
Ca, máx	3,85	4,20	4,4
P dig. <sup>1</sup> , mín	0,31	0,27	0,23
P dig., máx	0,33	0,32	0,26
Na, mín	0,16	0,15	0,14
Cl, máx	0,26	0,23	0,20

<sup>1</sup> P disp ≅ P dig + 0.07.**Cuadro 47.- Recomendaciones nutricionales (%) para ponedoras (< 45 sem)**

	Fedna 2008	CVB 2009	Rostagno 2011	Rusia <sup>1</sup> 2014	NRC <sup>1</sup> 1994
EMAn	2.750	2.820	2.900	2.700	2.850
CP	16,5	-	15,6	17,0	15,0
Lys dig.	0,67	0,64	0,75	0,69	0,69 <sup>2</sup>
Met dig.	0,34	0,32	0,38	0,38	0,30 <sup>2</sup>
Ca	3,70	3,75	3,85	3,60	3,3
P dig.	0,31	0,31	0,24	0,40	0,25
Na	0,16	-	0,24	0,20	0,15
C18:2	1,35	-	1,10	1,40	1,0

<sup>1</sup>Blancas;<sup>2</sup>Total

**Cuadro 48.- Recomendaciones nutricionales (%). Ponedoras (< 45 sem)**

	<b>Fedna 2008</b>	<b>Hy-Line 2013</b>	<b>Lohman 2013</b>	<b>Isa Brown 2011</b>
EMAn	2.750	2.780	2.750	2.820
CP	16,5	-	17,0	17,7
Lys dig.	0,67	0,76	0,65	0,74
Met dig.	0,34	0,37	0,33	0,39
Ca	3,70	4,0	3,73	3,7
P dig.	0,31	0,38	0,38	0,44
Na	0,16	0,16	0,16	0,17
C18:2	1,35	0,91	1,82	1,5

En resumen, las recomendaciones de FEDNA (2008) para avicultura de puesta, incluyendo pollitas y ponedoras, son todavía de utilización pero conviene modificar el perfil de aminoácidos del pienso en el sentido indicado. Es necesario poner más atención a factores de manejo y presentación del pienso por sus efectos sobre la fisiología digestiva, el consumo y la productividad de las aves. La práctica de incremento el nivel de fibra del pienso de desarrollo de pollitas para aumentar el consumo durante la puesta, podría precisar una mejor justificación ya que las características del tracto digestivo se reajustan rápidamente al modificar el pienso.

## 9.- REFERENCIAS

- AJINOMOTO (2014) *Recent Advances in Amino Acid Nutrition*. Ajinomoto Eurolysine. París Cedex, Francia.
- BOUALI, O., PÉREZ-BONILLA, A., GARCÍA, J., GUZMÁN, P., SALDAÑA, B. y MATEOS, G.G. (2013a) *Poult. Sci.* 92 (1): 66.
- BOUALI, O., PÉREZ-BONILLA, A., GUZMÁN, P., MANDALAWI, H.A. y MATEOS, G.G. (2013b) *ITEA* 15 (1): 222-24.
- BREGENDAHL, K., ROBERTS, S.A., KERR, B. y HOEHLER, D. (2008) *Poult. Sci.* 87: 744-758.
- COON, C. (2004) *The ideal amino acid requirements and profile for broilers, layers, and broiler breeders*. American Soybean Association. Bruselas, Bélgica.
- CVB (2009) *CVB Table Booklet on Feeding of Poultry*. CVB Series no 45. Wageningen, Países Bajos.
- DE VEGA, A., PÉREZ-BONILLA, A., SALDAÑA, B., MANDALAWI, H.A., GUZMÁN, P., REBOLLAR, P.G. y MATEOS, G.G. (2013) *Poult. Sci.* 92 (1): 66-67.
- EVONIK (2014) *Standardized Ileal Digestible Amino Acids in Poultry*. Evonik-Degussa GmbH, Alemania.
- FEDNA (2008) *Necesidades nutricionales para avicultura: pollos de carne y aves de puesta*. R. Lázaro y G.G. Mateos (eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.

- FEDNA (2010) *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. 3ª ed. C. de Blas, G.G. Mateos y P.G. Rebollar (eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid.
- FRIKHA, M., SAFAA, H.M., JIMENEZ-MORENO, E., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2009a) *Anim. Feed Sci. Technol.* 153: 292-302.
- FRIKHA, M., SAFAA, H.M., SERRANO, M.P., ARBE, X. y MATEOS, G.G. (2009b) *Poult. Sci.* 88: 994-1002.
- FRIKHA, M., SAFAA, H., SERRANO, M.P., JIMENEZ-MORENO, E., LAZARO, R. y MATEOS, G.G. (2011) *Anim. Feed Sci. Technol.* 164: 106-115
- FRIKHA, M., SERRANO, M.P., VALENCIA, D.G., REBOLLAR, P.G., FICKLER, J. y MATEOS, G.G. (2012) *Anim. Feed Sci. Technol.* 178: 103-114.
- GONZALEZ-ALVARADO, J.M., JIMÉNEZ-MORENO, E., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2007) *Poult. Sci.* 86: 1705-1715.
- GROBAS, S., MÉNDEZ, J. y MATEOS, G.G. (1999a) *J. Appl. Poult. Res.* 8: 177-184.
- GROBAS, S., MÉNDEZ, J., DE BLAS, C. y MATEOS, G.G. (1999b) *Poult. Sci.* 78: 1542-1551.
- GROBAS, S., MÉNDEZ, J., DE BLAS, C. y MATEOS, G.G. (1999c) *Br. Poult. Sci.* 40: 681-687.
- GROBAS, S., MÉNDEZ, J., LÁZARO, R., DE BLAS, C. y MATEOS, G.G. (2001). *Poult. Sci.* 80: 1171-1179.
- GUZMÁN, P., SIDRACH, S., SALDAÑA, B., PÉREZ-BONILLA, A. y MATEOS, G.G. (2013) *Poult. Sci.* 92 (1): 137.
- GUZMÁN, P., SALDAÑA, B., MANDALAWI, H.A., PÉREZ-BONILLA, A., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2015) *Poult. Sci.* (in press) 94: 1-9.
- HARTINI, S., CHOCT, M., HINCH, G., KOCHER, A. y NOLAN, J.V. (2002) *J. Appl. Poult. Res.* 11: 104-110.
- HARZALLI, R., SALDAÑA, B., GUZMÁN, P., PÉREZ-BONILLA, A., GARCÍA, J. y MATEOS, G.G. (2013) *Poult. Sci.* 92 (1): 78.
- HETLAND, H. y SVIHUS, B. (2007) *J. Appl. Poult. Res.* 16: 22-26.
- HY-LINE (2013) *Commercial Management Guide Hy-Line of Brown Hens*. Hy-Line International. Des Moines, IA, EE.UU.
- IRANDOUST, M., SAMIE, A.H., RAHMANI, H.R., EDRISS, M.A. y MATEOS, G.G. (2012) *Anim. Feed Sci. Technol.* 177: 75-85.
- ISABROWN (2011) *Nutrition management guide*. Hubbard ISA, S.A., Lyon Cedex, Francia.
- JENSEN, L. y SHUTZE, J.V. (1963) *Poult. Sci.* 42: 1014-1019.
- JIMÉNEZ-MORENO, E., GONZÁLEZ-ALVARADO y MATEOS, G.G. (2008) *Poult. Sci.* 87 (PS-08-00070).
- JIMÉNEZ-MORENO, E., GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M., GONZÁLEZ SERRANO, A., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2009) *Poult. Sci.* 88: 2562-2574.
- JIMÉNEZ-MORENO, E., DE COCA-SINOVA, A., GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M. y MATEOS, G.G. (2015) *Poult. Sci.* 94 (en prensa).
- KIMIAETALAB, M.V., MIRZAIE GOUDARZI, S., JIMÉNEZ-MORENO, E., CÁMARA, L., MANDALAWI, H.A. y MATEOS, G.G. (2014a) *Poult. Sci.* 93 (1): 141.
- KIMIAETALAB, M.V., MIRZAIE GOUDARZI, S., JIMÉNEZ-MORENO, E., CÁMARA, L. y MATEOS, G.G. (2014b) *Poult. Sci.* 93 (1): 52.
- LÁZARO, R., GARCÍA, M., ARANIBAR, J., MEDEL, P. y MATEOS, G.G. (2003) *Br. Poult. Sci.* 44: 356-265.

- LEESON, S. y SUMMERS, J.D. (2005) *Commercial poultry nutrition*. 3ª ed. University Books. Guelph, Ontario, Canadá.
- LOHMANN (2013) *Lohmann Brown Management Guide*. Lohmann Tierzucht GMBH. Cuxhaven, Alemania.
- MATEOS, G.G., LÁZARO, R. y GRACIA, M. (2002) *J. Appl. Poult. Res.* 11: 437-452.
- MATEOS, G.G., JIMENEZ-MORENO, E., SERRANO, M.P. y LÁZARO, R.P. (2012) *J. Appl. Poult. Res.* 21: 156-174.
- MATEOS, G.G., GUZMÁN, P., SALDAÑA, B., PÉREZ-BONILLA, A., LÁZARO, R. y JIMÉNEZ-MORENO, E. (2013) Relevance of dietary fiber in poultry feeding. XX ESPN Congress European Poultry Nutrition Conference, Potsdam (Germany), Pp 7, 10 pp.
- MATEOS, G.G., JIMÉNEZ-MORENO, E., GUZMÁN, P., SALDAÑA, B. y LÁZARO, R. (2014) Role of fiber in poultry diets. Friend or foe? Queenstown Poultry Beyond 2020. Editor V Ravindran. pp: 207-222.
- MIRZAIE, S., ZAGHARI, M., AMINZEDEH, S., SHIVAZAD, M. y MATEOS, G.G. (2012) *Poult. Sci.* 91: 413-425.
- NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. 9ª ed. Natl Acad. Sci. Washington, DC, EE.UU.
- PÉREZ-BONILLA, A., FRIKHA, M., MIRZAIE, S., GARCIA, J. y MATEOS, G.G. (2011) *Poult. Sci.* 90: 2801-2810.
- PÉREZ-BONILLA, A., NOVOA, S., GARCÍA, J., MOHITI-ASLI, M., FRIKHA, M. y MATEOS, G.G. (2012a) *Poult. Sci.* 91: 3156-3166.
- PÉREZ-BONILLA, A., JABBOUR, C., FRIKHA, M., MIRZAIE, S., GARCÍA, J. y MATEOS, G.G. (2012b) *Poult. Sci.* 91: 1400-1405.
- PÉREZ-BONILLA, A., DE VEGA-TÉLLEZ, M., SALDAÑA, B., GUZMÁN, P. y MATEOS, G.G. (2014a) *Poult. Sci.* 93 (1): 48.
- PÉREZ-BONILLA, A., FRIKHA, M., LÁZARO, R.P. y MATEOS, G.G. (2014b) *Anim. Feed Sci. Technol.* 194: 121-130.
- ROLAND, D.A. y BRYANT, M. (1994) *J. Appl. Poultry Res.* 3: 184-189.
- ROSTAGNO, H.S., TEIXEIRA, L.F., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., DE OLIVEIRA, R.F., LOPES, D.C., SOARES, A. y DE TOLEDO, S.L. (2011) En: *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos*. 3ª ed. H.S. Rostagno (ed). Universidad Federal de Viçosa. Brasil.
- SAFAA, H.M., SERRANO, M.P. VALENCIA, D.G., ARBE, X., JIMÉNEZ-MORENO, E., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2008a) *Poult. Sci.* 87: 1595-1602.
- SAFAA, H.M., SERRANO, M.P. VALENCIA, D.G., FRIKHA, M., JIMÉNEZ-MORENO, E., LÁZARO, R. y MATEOS, G.G. (2008b) *Poult. Sci.* 87: 2043-2051.
- SAFAA, H.M., JIMÉNEZ-MORENO, E., VALENCIA, D.G., FRIKHA, M., SERRANO, M.P. y MATEOS, G.G. (2009) *Poult. Sci.* 88: 608-614.
- SALDAÑA, B., GUZMÁN, P., PÉREZ-BONILLA, A., GARCÍA, J., GEWEHR, C.E. y MATEOS, G.G. (2013) *Poult. Sci.* 92 (1): 78.
- SALDAÑA, B., SAFAA, H.M., HARZALLI, R., GUZMÁN, P. y MATEOS, G.G. (2015a) *Poult. Sci.* 95 (en prensa).
- SALDAÑA, B., GARCÍA, J., GUZMÁN, P. y MATEOS, G.G. (2015Bb) *Poult. Sci.* (en proceso de evaluación).
- SCRAGG, R.H., LOGAN, N.B. y GEDDES, N. (1987) *Br. Poult. Sci.* 28: 15-21.
- SERRANO, M.P., FRIKHA, M., CORCHERO, J. y MATEOS, G.G. (2013) *Poult. Sci.* 92: 693-708.