
Influencia de factores nutricionales y de manejo sobre la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias

ADRIANO PÉREZ BONILLA

Camar Agroalimentaria-El Canto Agroalimentaria. 45214, Cedillo del Condado, Toledo, España.

***email: aperez@huevoscamar.com**

INTRODUCCIÓN

El éxito económico de toda industria dedicada a la producción de huevos depende de la masa de huevo producida por cada ave alojada en la instalación a lo largo de todo el periodo de puesta. Este objetivo depende de la duración del periodo de puesta así como del número de huevos producidos y el tamaño de los mismos. Secundariamente, el porcentaje de huevos comercializables y el coste relativo de las materias primas son importantes factores que han de ser considerados para alcanzar estos objetivos económicos. La obtención del mayor número de huevos comercializables, está relacionado con la calidad externa e interna del huevo, reduciéndose la incidencia de huevos rechazados antes de su comercialización. Unos datos productivos óptimos dependen principalmente de la capacidad genética y un adecuado manejo de las aves. En este sentido, el manejo de la nutrición y alimentación tanto en pollitas como en ponedoras son factores que contribuyen a la mejora de dichos parámetros productivos. Así, el éxito económico de las explotaciones de gallinas ponedoras requiere una curva de producción óptima, con una persistencia alta a lo largo de todo el periodo de puesta y un pico de puesta máximo, acorde con la genética del ave. Es generalmente aceptado que un pico de producción elevado está positivamente relacionado con un aumento en la masa de huevo por ave alojada.

El tamaño del huevo tiene unas importantes connotaciones relacionadas con el éxito económico de toda explotación de ponedoras, especialmente en países como España donde el consumidor prefiere huevos con un peso mayor para el consumo. Consecuentemente, bajo estas circunstancias, los productores tienden a incrementar la duración del periodo de puesta debido a que las gallinas incrementan el peso del huevo a medida que incrementan su edad. Con estas premisas, el objetivo del nutricionista es formular dietas que maximicen las variables productivas (principalmente porcentaje de puesta y peso del huevo), desde los primeros estadios productivos, reduciendo los problemas que aparecen al final del ciclo productivo relacionados con la calidad del huevo. Para cumplir con estos objetivos, el nutricionista necesita herramientas como son los niveles de nutrientes (requerimientos en energía, aminoácidos, minerales y vitaminas principalmente, así como el uso de distintas materias primas que tienen una importancia clave en el coste final de la ración, como es el caso del tipo de cereales y el tipo de grasa. Asimismo, y unido a los factores anteriores, se necesita obtener lotes con una alta uniformidad y peso vivo adecuados a la estirpe, al inicio del periodo de puesta, con el objetivo de alcanzar los estándares productivos.

Unas variables productivas y una calidad del huevo óptima son los 2 principales factores que tienen que producirse en una industria de avicultura de puesta. Para alcanzar estos 2 objetivos, un buen manejo nutricional de las aves es clave. Es importante, por tanto, comprobar los efectos del manejo

nutricional de las aves a lo largo del periodo de puesta mediante la comprobación sistemática de la calidad externa del huevo (porcentaje de huevos rotos, sucios y fáfarras); variables relacionadas con la consistencia de la cáscara (densidad, espesor y resistencia de la cáscara); así como la calidad interna del huevo (altura de albumen, color de yema, y proporciones de yema: albumen) entre otras. En general, según datos de Roland et al., (1988) las pérdidas desde las granjas hasta el consumidor final se sitúan entre un 5-7% de la producción. La mayoría de esas pérdidas están relacionadas con una calidad pobre de la cáscara especialmente al final del periodo de puesta.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto y debido a su importancia económica, a continuación se expondrá una revisión sobre factores clave tanto para las variables productivas como para la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias a lo largo de su ciclo productivo.

MATERIAS PRIMAS ESENCIALES

TIPO DE CEREAL EN LA DIETA.

Los cereales son ricos en almidón y son comúnmente utilizados como fuentes energéticas en raciones para avicultura. Además, los cereales suministran parte de la proteína bruta y los aminoácidos requeridos por las aves. La utilización del almidón por las aves depende principalmente del cereal utilizado ya que difieren en la naturaleza y estructura. La digestión del almidón depende de factores como el contenido de la pared celular, la naturaleza granular del almidón y la presencia de factores antinutritivos en el grano, así como la capacidad digestiva del animal (Classen, 1996). Numerosos estudios han sido realizados con el objetivo de obtener el valor nutricional de diferentes almidones de cereales que son utilizados en gallinas ponedoras. Sin embargo, el valor nutricional de dichos almidones no ha sido ajustado todavía.

Los principales cereales producidos en España y utilizados en dietas para ponedoras son el maíz (*Zea mays L.*), el trigo (*Triticum L.*) y la cebada (*Hordeum vulgare L.*). El maíz tiene menos proteína bruta (7.5% vs. 10.2% vs. 9.6%) y fibra bruta (2.3% vs. 2.6% vs. 4.7%), sin embargo, tiene más almidón (63.3% vs. 60.2% vs. 53%), grasa bruta (3.6% vs. 1.6% vs. 1.8%), ácido linoléico (1.81% vs. 0.64% vs. 0.71%) y energía (3,280 vs. 3,100 vs. 2,800 kcal/kg) que el trigo y la cebada. (Fundación Española Desarrollo Nutrición Animal, 2010). La composición química y el valor nutricional de maíz es bastante uniforme comparada con la del trigo y la cebada, sin embargo, dichas características dependen principalmente de factores como el cultivar de origen, las prácticas agronómicas, las condiciones climáticas, el tiempo de almacenaje, las características físicas del grano y en último caso el tipo de ave (Pirgozliev et al., 2003; Gutiérrez-Álamo et al., 2008; Frikha et al., 2011).

En condiciones prácticas, muchos productores de huevo formulan dietas para ponedoras con una mínima cantidad de maíz con el objetivo de asegurar altos consumos, maximizando de esta manera el tamaño del huevo sobre todo en las primeras fases del ciclo de puesta, momento especialmente importante en climas cálidos donde el consumo es bajo y bajo condiciones de manejo en las cuales las aves penalizan el peso del huevo, como es la utilización de métodos de estimulación lumínica temprana en pollitas. En general, las razones de esta práctica son desconocidas pero quizá estén relacionadas con la mayor uniformidad del valor nutricional del maíz y la obtención de una mejor estructura del pienso al utilizar una molienda grosera en dicho cereal (Frikha et al., 2009). Asimismo, el maíz tiene una

mayor concentración de ácido linoléico en comparación con el trigo y la cebada, con lo cual, el mayor contenido de linoléico en la dieta quizá resulte en incrementos en el peso del huevo sobre todo en aves jóvenes bajo condiciones climáticas que propicien bajos consumos (Jensen et al., 1958; Scragg et al., 1987; Grobas et al., 1999a).

Por otro lado, el trigo y la cebada contienen altas cantidades de factores antinutritivos como son los polisacáridos no amiláceos en forma de arabinosilanos y β -glucanos, los cuales, incrementan la viscosidad de la digesta y producen una disminución en los rendimientos productivos de los animales (Lázaro et al., 2003, García et al., 2008). Por ello, el nivel de inclusión del trigo y la cebada en dietas para aves depende de varios factores como son la especie, la edad de los animales y el perfil de nutrientes incluyendo la energía, el contenido en proteína y los polisacáridos no amiláceos. Diversos estudios se han llevado a cabo con el objetivo de comparar estos tres cereales (maíz, trigo y cebada) y su efecto en las variables productivas de ponedoras, broilers y pollitas. En general, estos estudios sugieren que el trigo y la cebada son una buena alternativa al maíz en dietas para estas 3 especies. En ponedoras, Craig y Goodman. (1993), Lázaro et al. (2003), Liebert et al. (2005), y Safaa et al. (2009) han obtenido resultados productivos similares comparando el maíz con el trigo y la cebada ambos suplementados con enzimas exógenas (xilanasas y β -glucanasas) mientras que otros autores como es el caso de Coon et al. (1988) obtuvieron mayores consumos y peor índice de conversión en animales alimentados con cebada suplementada con enzimas, respecto de los animales alimentados con maíz. En broilers, Mathlouthi et al. (2002) obtuvo parámetros productivos similares cuando un 60% de maíz en la dieta fue sustituido por una combinación de 40% de trigo y 20% de cebada. En el mismo sentido, Ruiz et al. (1987) obtuvieron una ganancia diaria e índice de conversión similar en broilers alimentados en harina cuando el maíz fue sustituido por el trigo. Sin embargo, contrariamente a estos resultados Crouch et al. (1997) al comparar el maíz con dos variedades de trigo en un 40% de inclusión en dietas en harina, obtuvo mejor ganancia media diaria e índice de conversión en animales alimentados con una de las dos variedades de trigo. En pollitas, Frikha et al. (2009) obtuvieron una mayor ganancia media diaria en pollitas alimentadas con maíz que las que fueron alimentadas con trigo, siendo ambas dietas suplementadas con enzimas. Las razones de estas discrepancias son desconocidas pero quizá estén relacionadas con el diseño de las dietas basales.

La información disponible sobre los efectos de la utilización de distintos cereales en la dieta sobre la calidad del huevo es escasa. En general, la inclusión de cebada y trigo ha sido asociada a un aumento en la incidencia de huevos sucios en comparación con el maíz (Francesch et al., 1995). En este sentido, Lázaro et al. (2003) al sustituir maíz por trigo en dietas de gallinas ponedoras blancas en el periodo 20-44 semanas de vida obtuvieron un mayor porcentaje de huevos sucios en los animales alimentados con trigo respecto de los alimentados con maíz. Sin embargo, otros autores (Jamroz et al., 2001; Çiftci et al., 2003; Safaa et al., 2009) informan que dietas basadas en trigo y cebada suplementadas con enzimas obtuvieron los mismos resultados en cuanto al porcentaje de huevos sucios que los animales alimentados con maíz.

TIPO DE GRASA EN LA DIETA.

Las grasas son utilizadas en avicultura con el objetivo de incrementar la energía de las dietas. La utilización de grasa produce a menudo incrementos en la energía ingerida por el ave, así como incrementos en el peso vivo y el peso del huevo (Grobas et al., 2001; Bouvarel et al., 2010), probablemente debido a una mejora en la palatabilidad del pienso como consecuencia de una menor formación de finos (ISA Brown, 2011). La suplementación de grasa ha demostrado tener un efecto positivo en la reducción del tránsito digestivo, facilitando el contacto de la digesta con los enzimas digestivos, mejorando la digestibilidad y utilización de otros componentes de la dieta como son los carbohidratos (Mateos y Sell, 1980b, 1981). Whitehead et al. (1993) estudiaron los efectos de la grasa suplementada en la dieta sobre el peso del huevo concluyendo que los animales alimentados con aceite de maíz obtuvieron un mayor peso de huevo respecto de los animales alimentados con grasa poliinsaturada de cadena larga (aceite de pescado), saturadas de cadena media-larga (sebo) y saturada de cadena corta (aceite de cacahuete). La razón para la mejora del aceite de maíz respecto del resto de grasas fue un perfil de ácidos grasos más apropiado (poliinsaturado de cadena media-larga) para el incremento del peso del huevo. Grobas et al. (2001) estudiaron el efecto de cuatro grasas suplementadas en la dieta sobre el peso del huevo, y reportaron que las gallinas alimentadas con aceite de soja obtuvieron huevos con un peso mayor que las gallinas alimentadas con aceite de linaza, aceite de oliva o sebo. Un factor a tener en cuenta en el manejo de las grasas en la dieta es el que detallan Atteh and Leeson (1983, 1984, 1985) al estudiar el efecto del perfil de los ácidos grasos sobre el metabolismo mineral de la ponedora y el broiler. Estos autores reportan que la grasa y algunos minerales en la dieta pueden interferirse mutuamente, llegándose a la formación de sopas o jabones insolubles responsables del descenso en la absorción tanto de los ácidos grasos presentes en la grasa como de los minerales. Según estos autores, dicho efecto tendría una mayor relevancia dependiendo de la presencia de ácidos grasos saturados (palmítico y esteárico) en la dieta.

Diversos estudios han mostrado que la reducción en la grasa añadida al pienso produce una disminución en el tamaño del huevo (Keshavarz y Nakajima, 1995; Grobas et al., 1999a,b; Bohnsack et al., 2002; Sohail et al., 2003). Así, Grobas et al. (2001) reportaron que la grasa suplementada en la dieta mejoró el peso del huevo y la masa de huevo exportada tanto en gallinas blancas como en gallinas rubias a lo largo de todo el periodo de puesta. Los mismos autores, Grobas et al. (1999b) al comparar dietas isonutritivas que diferían en el contenido de grasa añadida desde 0 a 4% en gallinas rubias en el periodo 22-65 sem observaron que la grasa añadida mejoró los rendimientos productivos y el peso del huevo. Sin embargo los mismos autores (Grobas et al., 2001) no obtuvieron nuevos incrementos en el peso del huevo al aumentar la inclusión de grasa en la dieta desde 5% a 10%. Whitehead et al. (1993) utilizando 5 niveles de inclusión de grasa en el pienso (0, 10, 20, 40, y 60 g/kg) y 4 tipos de grasas (aceite de maíz, aceite de cacahuete, sebo y aceite de pescado) observaron que a excepción del aceite de pescado, el cual mejoraba los rendimientos productivos hasta niveles de 20 g/kg de dieta, el resto de grasas obtuvieron buenos resultados productivos hasta niveles de 40 g/kg dieta.

Los principales efectos de la grasa añadida al pienso sobre la calidad del huevo están relacionados generalmente con el peso de la yema y albumen, así como de la proporción relativa de ambas fracciones. Grobas et al. (1999a) observaron que el incremento en el peso del huevo, como consecuencia de la inclusión de grasa añadida al pienso, incrementó tanto el porcentaje de yema como de albumen en una cantidad cercana al 3,5%. Posteriormente, dichos autores (Grobas et al., 1999b) observaron incrementos tanto en la proporción de yema como de albumen pero el incremento fue proporcionalmente mayor en el albumen. Whitehead et al. (1991) observaron que la grasa añadida

incrementó el peso de la yema debido a la estimulación en la deposición lipídica y el peso del albúmen mediante la estimulación estrogénica. Posteriormente, Whitehead (1995) reportó que los efectos beneficiosos de la grasa añadida al pienso sobre la proporción de albúmen son debidos a la influencia de ciertos ácidos grasos insaturados en la producción estrogénica, la cual, es la principal responsable de la secreción de albúmen. Sin embargo, Usayran et al. (2001) y Grobas et al. (2001) no observaron ningún efecto en las unidades haugh con la grasa añadida al pienso. En cuanto al efecto de la grasa añadida al pienso sobre el resto de variables relacionadas con la calidad del huevo destacar que Parsons et al. (1993) observaron que una reducción en la grasa añadida al pienso desde un 6% a un 2% redujo la proporción de huevos de gramaje L y XL en gallinas blancas al igual que Bohnsack et al. (2002).

Trabajos experimentales previos han mostrado que la grasa añadida tiene un efecto positivo sobre el peso del huevo, debido entre otras cosas, a un incremento en el contenido de ácido linoléico a medida que la grasa se incrementa en la dieta (Shannon and Whitehead, 1974; Sell et al., 1987; Keshavarz, 1995; Grobas et al., 1999a). De este modo, el efecto y necesidades de ácido linoléico para maximizar la productividad de las ponedoras y el peso del huevo es objeto de debate. En condiciones comerciales, muchas guías de manejo de gallinas ponedoras han recomendado incrementar el nivel de linoléico en la dieta con un mínimo en torno a 1.8% con el objetivo de maximizar el peso del huevo. Sin embargo, Shannon and Whitehead (1974) y Whitehead (1984) recomendaron niveles de 1,0% en la dieta mientras Scragg et al. (1987) recomendó niveles por encima de un 2,0% para maximizar el peso del huevo en gallinas rubias. Ribeiro et al. (1997) observaron un mayor peso del huevo en reproductoras pesadas alimentadas con un nivel de linoléico de 1.9% respecto a gallinas alimentadas con niveles de un 1.5%. Grobas et al. (1999b) estudió el efecto del nivel de linoléico en gallinas ponedoras rubias en el periodo 22-65 sem de vida y observó que la reducción desde 1.65% hasta 1.15% en el nivel de linoléico no afectó a las variables productivas. Estos autores concluyeron que las necesidades de linoléico en gallinas ponedoras rubias con el objetivo de maximizar la productividad en el periodo 22-65 sem no eran mayores de 1,15%. Asimismo, Grobas et al. (1999c) observaron que un nivel de linoléico de 0,79% tendió a reducir el peso del huevo respecto de niveles de 1,03 o 2,23% en gallinas ponedoras rubias en el periodo 20-32 sem de vida, sin embargo, el resto de variables productivas no se vieron afectadas por el tratamiento.

Respecto de la influencia del nivel de linoléico sobre los parámetros de calidad del huevo, Grobas et al. (1999c) observaron que el nivel de linoléico no afectó al porcentaje de huevos comercializables, porcentaje de huevos rotos, sucios, unidades haugh, o la proporción de yema o albúmen. March y McMillan (1990) y Whitehead et al. (1993) indicaron que la suplementación con linoléico en dietas deficitarias en este ácido graso esencial, incrementó el peso de la yema, probablemente mediante una mejora en el mecanismo de síntesis de lipoproteínas llevado a cabo en el oviducto.

NUTRIENTES ESENCIALES

NIVEL DE PROTEINA Y AMINOÁCIDOS EN LA DIETA

El concepto de perfil de proteína ideal puede ser definido como el balance exacto de AA, sin deficiencias ni excesos, necesarios para el mantenimiento y la producción del ave. Maximizar la efectividad en el uso de proteína conlleva reducir las emisiones de nitrógeno, reducir los costes de producción e incrementar el beneficio de la explotación. El nivel de proteína bruta y el nivel de AA tienen un importante rol en el tamaño del huevo. Así, las necesidades de una gallina ponedora se sitúan entre 2-4 g para su mantenimiento y entre 10-13 g para la producción de huevo. En el periodo de puesta, las gallinas necesitan al menos 17 g de proteína bruta para expresar su máximo potencial genético (Summers, 1986). Las dietas para gallinas ponedoras están formuladas para cubrir las necesidades en AA limitantes de la producción de huevo como son Lisina, Metionina, Treonina y AA azufrados. Según el NRC (1994) las dietas basadas en maíz y harina de soja con un 15.0% de proteína bruta pueden satisfacer las necesidades en AA en gallinas ponedoras que consumen diariamente 110 g. Sin embargo, las actuales guías de manejo comercial de ponedoras recomiendan niveles de proteína bruta que varían entre 17,4-18,2%.

Existen discrepancias sobre el efecto del nivel de proteína bruta y el peso del huevo. En general es aceptado que el peso del huevo se incrementa a medida que el nivel de proteína bruta es incrementado (Hawes y Kling, 1993; Hussein et al., 1996; Bouvarel et al., 2010) especialmente al comienzo del periodo de puesta (Parsons et al., 1993). Sin embargo, otros autores no han observado beneficios en los parámetros productivos utilizando niveles por encima de los recomendados por el NRC (1994) de 16,5%. Keshavarz y Nakajima (1995) observaron que el incremento en el peso del huevo con el incremento en el nivel de proteína bruta fue debido a un incremento en la proporción de albumen. Sin embargo, después del pico de puesta las gallinas tendieron a consumir más viéndose aumentado la proporción de grasa corporal en estos animales. Por ello, es una buena práctica reducir el porcentaje de proteína en la dieta a lo largo del periodo de puesta con el objetivo de mejorar la eficacia nutricional (Harms, 1986). Summers (1986) observó al final del ciclo de puesta la existencia de un coste energético extra producido como consecuencia de los procesos oxidativos para eliminar el exceso de nitrógeno, produciéndose heces líquidas y una calidad de cáscara pobre. Como contraste, diversos autores (Pilbrow y Morris, 1974; Wethli y Morris, 1978; Huyghebaert et al., 1991; Joly, 1995) recomiendan mantener un nivel de proteína bruta al final del periodo de puesta debido a la pobre eficiencia en el uso de los AA por parte de las gallinas viejas.

Ballam (1985) observó que las necesidades en aminoácidos fueron mayores para optimizar el peso del huevo que para optimizar el porcentaje de puesta de los animales. Este autor estimó que se podía utilizar un incremento del 10% en Met y Lys para incrementar el peso del huevo sin ningún efecto en el porcentaje de puesta. En el mismo sentido, Summers et al. (1991) observaron que una deficiencia en el nivel de proteína bruta de la dieta afectó de manera más importante al tamaño del huevo que a la producción de huevo. Sin embargo, Morris y Gous (1988) se mostraron en desacuerdo con estos resultados ya que observaron que los coeficientes de variación para ambas variables (peso del huevo y porcentaje de puesta) eran distintos, concretamente 0.20 y 0.10 respectivamente; con lo cual, pequeñas diferencias en el peso del huevo darían como resultado diferencias significativas mientras que las mismas diferencias en el caso del porcentaje de puesta no serían significativamente

distintas. Estos mismos autores realizaron una revisión de las necesidades en proteína bruta y AA en gallinas ponedoras, observando reducciones similares en el peso del huevo y en la producción de huevo con reducciones de un 10% en el nivel de proteína bruta de la dieta, sin embargo, con reducciones mayores la reducción fue más severa en la puesta que en el peso del huevo.

Schutte y col. (1994) realizaron una revisión sobre una serie de experimentos basados en las necesidades de AA azufrados y Met. Así, Roland et al. (1992) recomiendan altos niveles de AA azufrados al comienzo del periodo de puesta, mientras que Summers y Leeson (1993) y Klien y Hawes (1990) no observaron ninguna mejora en los parámetros productivos. El segundo aminoácido limitante en las dietas es la Lisina (March y Biely, 1963; Sell y Hodgson, 1966). Joly (1995) observó que una deficiencia en la cantidad de lys en la dieta producía una disminución en la masa de huevo, debido a una reducción en la producción de huevo y en el peso del huevo de 65% y 35% respectivamente. En el mismo sentido, Nathanael y Sell (1980) observaron que el peso del huevo se incrementó de forma cuadrática con el incremento del nivel de lys en la dieta. Contrariamente, Harms e Ivey (1993) y Prochaska et al. (1996) no detectaron ningún efecto sobre las variables productivas al incrementar el nivel de lys en la dieta.

En general es aceptado que la calidad del huevo, incluyendo el porcentaje de huevos sucios, la altura de albumen y la calidad de cáscara son afectados por el contenido de proteína en la dieta. En este sentido, Hammershoj y Kjaer (1999) observaron un empeoramiento en las unidades haugh a medida que el nivel de proteína bruta se incrementó desde 13,7% hasta 17,9%. Sin embargo, Fariborz et al. (2007) observaron en dietas isoenergéticas que diferían en el contenido de proteína bruta (16,3 vs. 17,8%) que la altura de albumen, espesor de cáscara y resistencia a la fractura de la cáscara no fueron afectadas por el nivel de proteína en la dieta.

NIVEL DE ENERGÍA EN LA DIETA

El análisis del balance energético es la manera de calcular el consumo de alimento diario y la producción diaria en el ave (De Blas, 1991). Este autor, analizó una serie de experimentos estimando unas necesidades medias de mantenimiento de 107,8 kcal EMA/kg^{0,75} con unos márgenes desde 90 a 120 kcal EMA/kg^{0,75}, 8,39 kcal EMA/g para incrementos en el PV y 1,94-2,25 kcal EMA/g para cubrir las necesidades energéticas de producción. Así, una gallina ponedora con un PV de 2,0 kg con una GMD de 0,8 g/d, con una masa exportada de huevo de 58 g/d, necesita entre 300-320 kcal de EMA por día.

Las gallinas comen para satisfacer sus necesidades energéticas, consecuentemente, un incremento en el nivel energético de la dieta debería disminuir el consumo proporcionalmente (Hill et al., 1956). Bouvarel et al. (2010) revisaron una serie de experimentos llevados a cabo en gallinas ponedoras en los últimos 20 años llegando a la conclusión que, como media, un incremento del 10% en el contenido energético de la dieta reduce sólo un 5.5% el consumo de la ponedora. Los cambios en la concentración energética de la dieta han producido resultados contradictorios respecto a la productividad de las aves (Harms et al., 2000). Grobas et al. (1999c) observaron que un incremento en la EMAn desde 2680 a 2810 kcal/kg (un incremento de un 4,8%) disminuyó el consumo en la misma proporción (un 5,0%) pero la producción de huevos y la masa exportada por animal no fue afectada por el tratamiento. En el mismo sentido, Peguri et al. (1991) observaron un descenso de un 5% en el consumo cuando el nivel energético de la dieta fue incrementado desde 2700 a 2910 kcal/kg (un incremento de un 8%). Sin embargo, Joly y Bougon (1997) observaron en gallinas rubias en el periodo

19-68 sem de vida un incremento de un 1,3% en la puesta y un 4,5% en la masa de huevo a medida que el contenido energético se incremento desde 2200 a 2700 kcal de EMAn.

Diversos trabajos publicados sobre el efecto del nivel energético de la dieta informan que el incremento en el nivel de EMAn en la dieta conlleva un incremento en el peso del huevo (De Groote, 1972; Walker et al., 1991). En general, las gallinas tienden a mantener su ingesta de energía modificando el consumo (Leeson et al., 1973; Newcombe y Summers, 1985), sobreconsumiendo energía en dietas altas en energía (Morris, 1968; De Groote, 1972; Walker et al., 1991) y con ello este exceso de nutrientes produce el incremento en el peso del huevo (De Groote, 1972; McDonald, 1984; Leclercq, 1986; Walker y col., 1991). Según estos autores el peso del huevo mejora en unos márgenes entre 0,10% - 0,20% por cada 100 kcal. Bouvarel et al. (2010) analizando datos de 11 trabajos experimentales llevados a cabo en los últimos 20 años reportaron que el peso del huevo se incrementa en 0.96 g por cada 100 kcal de incremento en la energía de la dieta. Las razones de las discrepancias entre autores en relación con los efectos de incrementar el contenido energético de la dieta sobre el peso del huevo no son claros pero quizá estén relacionados con el nivel de grasa y ácido linoléico en la dieta control. Los efectos del nivel energético de la dieta sobre las variables productivas en ponedoras muestran diferentes resultados. Mathlouthi et al. (2002) observaron en gallinas blancas que la producción de huevo aumentaba a medida que el contenido energético de la dieta aumentó desde 2650 a 2750 kcal EMA/kg, mientras, Grobas et al. (1999c) en gallinas rubias observaron el mismo efecto utilizando dietas desde 2680 a 2810 kcal EMAn/kg. Sin embargo, Jalal et al. (2006, 2007) en gallinas blancas utilizando dietas que variaron desde 2800 a 2900 kcal EMA/kg no detectaron ningún efecto en la producción de las aves. En general, en condiciones de campo es una práctica común incrementar el nivel energético de la dieta al inicio del periodo de puesta, especialmente, cuando las pollitas recibidas en la nave de puesta no tienen un peso adecuado ni homogéneo. Así, algunos autores observan que en climas cálidos el incremento de la concentración energética de la dieta mejora los parámetros productivos especialmente en gallinas ligeras (Kling y Hawes, 1990; Dagher, 1995).

Respecto al efecto del nivel energético sobre la calidad del huevo, existen discrepancias entre autores. Así, Grobas et al. (1999a) observaron que el incremento en el contenido energético de la dieta no afectó al porcentaje de huevos sucios, rotos o fáfara a lo largo del periodo de puesta. Algunos autores han observado que el nivel energético de la dieta tiene influencia en la calidad del albumen. Así, Wu et al. (2005) observaron que un incremento en el contenido energético de la dieta desde 2720 a 2960 kcal EMA/kg originó un descenso en las unidades haugh. Sin embargo, Zimmermann y Andrews (1987) y Junqueira et al. (2006) no observaron ningún efecto en la calidad del albumen cuando el contenido energético de la dieta fue incrementado. Las xantofilas son la principal fuente de pigmentación de la yema de huevo y son solubles principalmente en la grasa. Gunawardana et al. (2008) observaron una mayor pigmentación de la yema en gallinas blancas alimentadas con un 5% de grasa añadida respecto de gallinas alimentadas con una dieta control sin grasa añadida. Lázaro et al. (2003) observaron una mayor pigmentación de yema en gallinas blancas con dietas que contenían una mayor concentración energética. Además, cuando la grasa es utilizada para incrementar el nivel energético de la dieta la proporción de cáscara presente en el huevo puede verse afectada. Junqueira et al. (2006) observaron en gallinas ponedoras rubias un descenso lineal en la proporción de cáscara a medida que el nivel energético de la dieta se incremento desde 2850 a 3050 kcal EMA/kg en el periodo 76-84 sem de vida. Contrariamente, Gunawardana et al. (2008) no observaron ningún efecto al aumentar en nivel energético de la dieta desde 2750 a 2050 kcal EMA/kg sobre la proporción de cáscara.

LA PONEDORA

PESO VIVO DE LA PONEDORA AL INICIO DE PUESTA

En general, el consumidor español tiene preferencia por huevos con mayor gramaje, por los cuales paga un mayor precio en el mercado. En consecuencia, los productores de huevo necesitan obtener un alto porcentaje de huevos de tamaños L y XL. La cantidad de huevos L en la primera parte del ciclo de puesta es un reto. Así, el incremento del porcentaje de huevos de mayor tamaño, el consumo diario, una adecuada uniformidad y un peso vivo adecuado del lote de pollitas que inicia el periodo de puesta bajo condiciones de clima cálido como es el caso de España, es un reto a alcanzar (Frikha et al., 2009).

La información disponible sobre los efectos del peso vivo de la ponedora al comienzo del periodo de puesta sobre los parámetros productivos y la calidad del huevo es muy escasa. El peso vivo al inicio del periodo de puesta es el principal factor que influye en la productividad de las gallinas ponedoras. El peso del huevo a lo largo del ciclo de puesta está fuertemente influenciado por el peso vivo inicial del ave al inicio de puesta (Harms et al., 1982; Leeson and Summers, 1987). Las gallinas que inician el ciclo de puesta con un peso por encima del estándar racial, tienen consumos mayores y producen huevos de mayor gramaje a lo largo del ciclo de puesta respecto a gallinas que inician la puesta con un peso inferior al estándar racial (Summers and Leeson, 1983; El Zubeir and Mohammed, 1993). Bish et al. (1985) observó que gallinas blancas pesadas (1,377 g) producían huevos más pesados que gallinas de peso medio (1,256 g) o gallinas ligeras (1,131 g). Además, las gallinas pesadas produjeron mayor masa de huevo pero tuvieron un IC por kg similar a las gallinas ligeras, confirmando los resultados de Keshavarz (1995) el cual observó diferencias en el peso del huevo de 1.4 g entre 2 grupos de ponedoras clasificadas como pesadas (1,333 g) o ligeras (1,151 g) en el periodo productivo 18-62 sem de vida.

La información disponible sobre los efectos del peso vivo inicial sobre la calidad del huevo es muy escasa. En general, es aceptado que los huevos procedentes de gallinas más pesadas (por encima del estándar racial), son más pesados que los procedentes de gallinas ligeras (por debajo del estándar racial). Asimismo, las gallinas pesadas poseen una mayor proporción de yema y menor de albumen que las gallinas ligeras. Probablemente, las gallinas pesadas producen yemas de mayor tamaño ya que su consumo diario es mayor y como consecuencia el tamaño del huevo es mayor (Leeson and Summers, 2005)

NUEVOS AVANCES EN ALIMENTACION DE PONEDORAS COMERCIALES

ENSAYOS EXPERIMENTALES

Como consecuencia de los factores anteriormente descritos, a lo largo del periodo (2009-2012) se diseñaron y desarrollaron una serie de experimentos con el objetivo de estudiar la influencia de

Tabla 2. Efectos del cereal principal y el tipo de grasa sobre los parámetros productivos en gallinas ponedoras rubias de 22 a 54 semanas de vida. (Pérez-Bonilla et al., 2011)

Cereal	Grasa	Puesta (%)	Peso huevo (g)	Masa huevo (g/d)	Consumo (g/d)	IC (kg/kg)	IC (kg/doc)	GMD (g)	Mortalidad (%)
Cereal	Cebada	92,1	64,1	59,1	115,3	1,95	1,52	202 ^b	7,4
	Trigo	91,5	63,6	58,2	115,4	1,98	1,53	243 ^a	6,4
	Maíz	92,9	64,5	59,9	117,3	1,96	1,55	238 ^a	8,9
Grasa	Aceite soja	91,7	64,3	58,9	115,6	1,96	1,53	221 ^b	6,1
	Oleína	92,6	64,5	59,7	115,8	1,94	1,55	210 ^b	7,1
	Manteca	92,2	63,5	58,5	116,6	1,99	1,53	251 ^a	9,4
EEM ¹		1,1	0,26	0,78	1,11	0,017	0,016	9,71	1,85
Probabilidad									
Cereal		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS
Grasa		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

¹ Error estándar de la media (n= 4 jaulas de 10 gallinas) NS: no significativo; * P < 0.05

Tabla 3. Efectos del cereal principal y el tipo de grasa sobre los parámetros de calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias de 22 a 54 semanas de vida. (Pérez-Bonilla et al., 2011)

Cereal	Grasa	Sucios %	Rotos %	Fárfaras %	Dobles yemas %	Espesor cáscara mm	Densidad cáscara mg/cm ²	UH ud	Color yema ud
Cereal	Cebada	2,9	0,95	0,24	0,15	0,372	77,0	88	8.3 ^b
	Trigo	3,5	1,2	0,15	0,14	0,372	77,0	87	8.3 ^b
	Maíz	3,4	1,2	0,13	0,17	0,369	76,9	86	9.0 ^a
Grasa	Aceite soja	3,5	1,1	0,21	0,14	0,370	77,4	86,8	8.5 ^b
	Oleína	2,9	1,2	0,18	0,19	0,371	76,6	87,6	8.2 ^b
	Manteca	3,3	1,0	0,14	0,14	0,373	76,9	86,9	8.9 ^a
EEM ¹		0,26	0,19	0,05	0,03	0,013	1,99	2,82	0,4
Probabilidad									
Cereal		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
Grasa		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***

¹ Error estándar de la media (n= 4 jaulas de 10 gallinas). NS: no significativo; *** P < 0.001

La interacción entre el tipo de cereal y grasa no fue significativa.

Tabla 4. Composición de las dietas experimentales (%). (Pérez-Bonilla et al., 2012a)

Proteína bruta, %	18.5	18.5	17.5	16.5
Grasa, %	3.6	1.8	1.8	1.8
Ingredientes				
Maíz	-	35.50	35.00	34.45
Trigo	30.00	20.00	20.00	20.00
Cebada	30.99	3.60	6.70	9.80
Hna soja, 47%PB	24.30	28.00	24.70	21.40
Hna girasol, 32%PB	0.24	0.26	0.93	1.66
Aceite soja	3.60	1.80	1.80	1.80
<i>DL</i> -Metionina, 99%	0.15	0.12	0.15	0.17
Fosfato monocálcico	1.00	1.00	1.00	1.00
Carbonato cálcico	9.00	9.00	9.00	9.00
Cloruro sódico	0.32	0.32	0.32	0.32
Premix	0.40	0.40	0.40	0.40

Tabla 5. Efectos del nivel de proteína bruta y grasa en la dieta y el peso vivo al inicio de puesta sobre los parámetros productivos en gallinas ponedoras rubias de 20 a 50 semanas de vida. (Pérez-Bonilla et al., 2012a)

Proteína (%)	Grasa (%)	Peso inicial	Puesta (%)	Peso huevo (g)	Masa huevo (g/d)	Consumo (g/d)	IC (kg/kg)	IC (kg/doc)	GMD (g)	Mortalidad (%)
18.5	3.6	Alto ¹	93.6	65.2	61.0	122.4	2.01	1.58	241	2.4
		Bajo ¹	88.6	62.9	55.8	113.2	2.03	1.53	290	3.6
18.5	1.8	Alto	91.6	65.2	59.7	121.2	2.03	1.59	233	4.8
		Bajo	91.4	61.9	56.6	115.0	2.03	1.51	275	3.6
17.5	1.8	Alto	92.4	64.9	60.0	119.2	1.99	1.55	224	8.3
		Bajo	90.3	62.5	56.4	114.8	2.04	1.53	332	5.9
16.5	1.8	Alto	92.3	64.3	59.3	119.7	2.02	1.56	234	5.9
		Bajo	89.1	62.4	55.6	112.6	2.03	1.52	260	4.8
Dieta										
18.5	3.6		91.1	64.1	58.4	117.8	2.02	1.56	266	3.0
18.5	1.8		91.5	63.6	58.2	118.1	2.03	1.55	254	4.2
17.5	1.8		91.3	63.7	58.2	117.0	2.01	1.54	278	7.1
16.5	1.8		90.7	63.3	57.4	116.1	2.02	1.54	247	5.3
EEM ²			0.99	0.34	0.65	0.80	0.02	0.02	21.2	1.71
Peso inicial										
		Alto	92.5 ^a	64.9 ^a	60.0 ^a	120.6 ^a	2.01	1.57 ^a	233 ^b	5.3
		Bajo	89.8 ^b	62.4 ^b	56.1 ^b	113.9 ^b	2.03	1.52 ^b	289 ^a	4.5
EEM ³			0.70	0.24	0.46	0.56	0.01	0.01	15.0	1.21
Probabilidad										
Dieta			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Peso inicial			**	***	***	***	NS	**	**	NS

¹ El peso inicial \pm desviación estándar fue 1.860 ± 86 g y 1.592 ± 75 g, para las gallinas de alto y bajo peso.

² Error estándar de la media (n= 8 jaulas de 10 gallinas).

³ Error estándar de la media (n= 16 jaulas de 10 gallinas).

NS: no significativo; ** P < 0.01; *** P < 0.001

La interacción entre el la dieta y el peso inicial no fue significativa

Tabla 6. Efectos del nivel de proteína bruta y grasa en la dieta y el peso vivo al inicio de puesta sobre los parámetros de calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias de 20 a 50 semanas de vida. (Pérez-Bonilla et al., 2012a)

Proteína (%)	Grasa (%)	Peso inicial	Huevos	Huevos	Huevos	Densidad	Espesor	Unidades	Color	
			sucios (%)	rotos (%)	fárfaras (%)	cáscara (mg/cm ²)	cáscara (mm)	Haugh (ud)	yema (ud)	
18.5	3.6	Alto ¹	2.8	1.2	0.18	76.7	0.365	84.8	7.5	
		Bajo ¹	2.6	1.1	0.10	81.2	0.374	83.9	7.3	
18.5	1.8	Alto	3.3	0.9	0.15	78.5	0.374	84.2	8.5	
		Bajo	2.8	1.0	0.21	79.1	0.371	87.4	8.3	
17.5	1.8	Alto	3.3	1.0	0.09	80.9	0.371	82.7	8.5	
		Bajo	2.6	0.6	0.19	74.8	0.371	84.0	8.8	
16.5	1.8	Alto	2.6	0.8	0.11	79.8	0.374	84.5	8.6	
		Bajo	3.2	0.9	0.49	78.3	0.377	83.5	8.8	
Dieta										
18.5	3.6		2.7	1.1	0.14	78.9	0.369	84.4	7.4 ^b	
18.5	1.8		3.0	1.0	0.18	78.8	0.372	85.8	8.4 ^a	
17.5	1.8		2.9	0.8	0.14	77.8	0.371	83.3	8.6 ^a	
16.5	1.8		2.9	0.8	0.30	79.0	0.375	84.0	8.6 ^a	
EEM ³			0.32	0.20	0.07	2.92	0.004	1.63	0.30	
Peso inicial										
		Alto		3.0	1.0	0.13	78.9	0.371	84.1	8.3
		Bajo		2.8	0.9	0.25	78.3	0.373	84.7	8.3
		EEM ⁴		0.23	0.14	0.05	2.07	0.003	1.16	0.23
Probabilidad										
Dieta			NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	
Peso inicial			NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

¹El peso inicial \pm desviación estándar fue $1.860 \pm 86g$ y $1.592 \pm 75g$, para las gallinas de alto y bajo peso.

² Error estándar de la media (n= 8 jaulas de 10 gallinas).

³ Error estándar de la media (n= 16 jaulas de 10 gallinas).

NS: no significativo; ** P < 0.01

La interacción entre el la dieta y el peso inicial no fue significativa

Tabla 7. Composición de las dietas experimentales (%). (Pérez-Bonilla et al., 2012b)

Ingredientes	Niveles de energía (EMAn/kg)			
	2,650	2,750	2,850	2,950
Maíz	6.60	6.60	6.60	6.60
Trigo	27.15	34.02	41.10	47.96
Cebada	33.19	22.24	10.95	-
Hna. soja, 47% PB	21.37	23.35	25.39	27.37
Aceite de soja	0.92	2.61	4.34	6.02
<i>DL</i> -Metionina, 99%	0.14	0.15	0.17	0.18
Fosfato monocálcico	0.86	0.95	1.04	1.13
Carbonato cálcico	8.97	9.27	9.59	9.91
Cloruro sódico	0.30	0.31	0.32	0.33
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50

Tabla 8. Efectos del nivel de energía y el peso vivo al inicio de puesta sobre los parámetros productivos en gallinas ponedoras rubias de 24 a 59 semanas de vida. (Pérez-Bonilla et al., 2012b)

Energía (kcal/kg)	Peso inicial	Puesta (%)	Peso huevo (g)	Masa huevo (g/d)	Consumo (g/d)	IC (kg/kg)	IC (kg/doc)	Energía ingerida (kcal/d)	Eficiencia energética (kcal/g huevo)	Ganancia (g)	Mortalidad (%)
2,650	Alto ¹	88.8	63.5	56.4	115.9	2.06	1.55	307	5.45	272	1.5
	Bajo ¹	88.9	62.8	55.8	113.6	2.05	1.52	301	5.40	239	1.5
2,750	Alto	91.7	64.5	59.1	115.4	1.95	1.49	317	5.37	284	3.1
	Bajo	90.8	62.9	57.1	112.5	1.98	1.47	309	5.42	316	3.1
2,850	Alto	93.2	64.1	59.8	113.0	1.90	1.44	322	5.39	331	0.0
	Bajo	92.2	62.8	57.9	108.9	1.88	1.40	310	5.36	320	1.5
2,950	Alto	91.0	64.6	58.8	111.1	1.89	1.45	328	5.58	365	3.1
	Bajo	90.1	63.7	57.4	108.9	1.89	1.43	321	5.60	352	6.1
EEM ²		0.84	0.39	0.65	0.98	0.015	0.014	2.7	0.043	24.5	
Energía	2,650	88.8 ^c	63.1	56.1 ^b	114.8 ^a	2.05 ^a	1.54 ^a	304 ^c	5.42 ^b	255 ^c	1.5
	2,750	91.2 ^{ab}	63.7	58.1 ^a	114.0 ^a	1.96 ^b	1.48 ^b	313 ^b	5.39 ^b	300 ^{bc}	3.1
	2,850	92.7 ^a	63.5	58.8 ^a	111.0 ^b	1.89 ^c	1.42 ^c	316 ^b	5.38 ^b	325 ^{ab}	0.8
	2,950	90.5 ^{bc}	64.1	58.1 ^a	110.0 ^b	1.89 ^c	1.44 ^c	324 ^a	5.58 ^a	359 ^a	4.6
EEM ³		0.59	0.27	0.46	0.69	0.010	0.010	1.9	0.030	17.3	
Peso inicial	Alto	91.2	64.2 ^a	58.5 ^a	113.9 ^a	1.95	1.49 ^a	319 ^a	5.45	313	1.9
	Bajo	90.5	63.0 ^b	57.0 ^b	111.0 ^b	1.95	1.46 ^b	310 ^b	5.44	307	3.1
EEM ⁴		0.42	0.19	0.32	0.49	0.008	0.007	1.4	0.021	12.2	
Probabilidad											
Energía		***	NS	**	***	***	***	***	***	**	NS
Peso inicial		NS	***	**	***	NS	***	***	NS	NS	NS
Contrastes (energía)											
Efecto lineal		L***	NS	L**	L***	L***	L**	L***	L***	L***	NS
Efecto cuadrático		Q***	NS	Q**	NS	Q**	Q**	NS	Q***	NS	NS

¹ El peso inicial ± desviación estándar fue 1,733 ± 48g and 1,606 ± 39g, para las gallinas de alto y bajo peso.² Error estándar de la media (n= 5 jaulas de 13 gallinas).³ Error estándar de la media (n= 10 jaulas de 13 gallinas).⁴ Error estándar de la media (n= 20 jaulas de 13 gallinas).

NS: no significativo; *P < 0.05; **P < 0.01; ***P < 0.001.

Tabla 9. Efectos del nivel de energía en la dieta y el peso vivo al inicio de puesta sobre los parámetros de calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias de 24 a 59 semanas de vida. (Pérez-Bonilla et al., 2012b)

Energía (kcal EMA/kg)	Peso inicial	Huevos sucios	Huevos rotos	Huevos Fárfares	Unidades Haugh	Color yema	Peso relativo del huevo (%)			Ratio yema:albúmen
		(%)	(%)	(%)	(ud)	(ud)	Cáscara (%)	Yema (%)	Albúmen (%)	(ud)
2.650	Alto ¹	5.23	0.93	0.09	88.7	7.3	9.7	25.8	64.5	0.403
	Bajo ¹	6.84	1.62	0.13	88.2	7.5	9.7	25.3	65.0	0.390
2.750	Alto	5.12	1.74	0.19	87.2	7.5	9.6	25.4	65.0	0.393
	Bajo	5.65	1.55	0.25	88.4	7.3	9.6	25.5	64.9	0.394
2.850	Alto	5.36	1.67	0.06	85.0	7.6	9.5	25.8	64.7	0.400
	Bajo	5.1	1.24	0.06	87.6	7.7	9.7	25.4	64.9	0.393
2.950	Alto	5.88	1.97	0.1	84.8	8.0	9.4	26.0	64.6	0.404
	Bajo	6.13	1.69	0.13	84.5	7.8	9.5	25.3	65.2	0.389
EEM ²		0.618	0.379	0.06	2.26	0.4	0.2	0.44	0.52	0.0101
Energía	2.650	6.03	1.27	0.11	88.4 ^a	7.4 ^c	9.7 ^a	25.5	64.7	0.396
	2.750	5.38	1.65	0.22	87.8 ^a	7.4 ^{bc}	9.6 ^a	25.4	64.9	0.393
	2.850	5.23	1.46	0.06	86.3 ^b	7.6 ^{ab}	9.6 ^a	25.6	64.8	0.396
	2.950	6.01	1.83	0.12	84.7 ^c	7.9 ^a	9.5 ^b	25.6	64.9	0.397
	EEM ³	0.437	0.268	0.04	1.6	0.28	0.13	0.31	0.38	0.0072
Peso inicial	Alto	5.4	1.58	0.11	86.4	7.6	9.5 ^b	25.7 ^b	64.7 ^b	0.400 ^a
	Bajo	5.93	1.53	0.14	87.2	7.6	9.6 ^a	25.3 ^a	65.0 ^a	0.392 ^b
EEM ⁴		0.309	0.19	0.03	1.13	0.2	0.09	0.22	0.26	0.0051
Probabilidad										
Energía		NS	NS	NS	***	**	**	NS	NS	NS
Peso inicial		NS	NS	NS	NS	NS	*	***	**	***
Contrastes										
Energía efecto lineal		NS	NS	NS	L***	L***	L***	NS	NS	NS
Energía efecto cuadrático		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹ El peso inicial \pm desviación estándar fue 1,733 \pm 48g and 1,606 \pm 39g, para las gallinas de alto y bajo peso.

² Error estándar de la media (n= 5 jaulas de 13 gallinas).

³ Error estándar de la media (n= 10 jaulas de 13 gallinas).

⁴ Error estándar de la media (n= 20 jaulas de 13 gallinas).

NS: no significativo; *P < 0.05; **P < 0.01; ***P < 0.001.

NUEVOS AVANCES EN ALIMENTACION DE PONEDORAS COMERCIALES

CONCLUSIONES GENERALES

- Maíz, trigo y cebada pueden utilizarse a dosis altas (45%) como cereal base en dietas para ponedoras siempre que aseguremos que se cumple con un nivel mínimo de ácido linoléico. La utilización de uno u otro cereal no afectó ni a los parámetros productivos ni a la calidad del huevo.

- Aceite de soja, oleínas vegetales mezcla y manteca pueden utilizarse como fuente de energía en la dieta sin efecto perjudicial alguno sobre los parámetros productivos o la calidad del huevo, siempre que se cumpla con un nivel mínimo de ácido linoléico.

- La reducción del nivel de proteína bruta del pienso del 18.5 al 16.5%, manteniendo constantes los niveles de los cuatro aminoácidos indispensables más limitantes (lisina, metionina, treonina y azufrados) no afectó a ninguna de las variables productivas estudiadas ni a la calidad del huevo.

- Un aumento en el contenido energético del pienso de 2,650 a 2,950 kcal EMAn/kg afectó de forma diversa a las variables productivas y a la calidad del huevo. Las gallinas que consumieron el pienso de alta energía (2,950 kcal EMAn/kg) tuvieron una mayor ingesta energética que las gallinas que consumieron piensos con menos energía pero el exceso de energía ingerida se derivó en parte a incrementar el peso vivo del ave y no a mejorar la productividad de las aves. Las gallinas que consumieron el pienso de menor concentración energética (2,650 kcal EMAn/kg) consumieron menos energía de lo necesario para cubrir sus necesidades lo que dio lugar a una reducción de los resultados productivos.

- Las gallinas que iniciaron el ciclo de puesta con un peso vivo superior al estándar presentaron mejores resultados productivos durante el ciclo de puesta que las gallinas con un peso inferior. Variables productivas tales como porcentaje de puesta, peso del huevo y consumo de pienso fueron superiores en las gallinas de mayor peso inicial. Las variables relacionadas con la calidad del huevo no se vieron afectadas por el peso vivo. Por lo tanto, la ventaja económica de utilizar aves relativamente pesadas depende en gran medida del precio de venta de los huevos según gramaje, así como del coste relativo de las materias primas.

- El índice de conversión por kilogramo de huevo no se vio afectado por el peso inicial de las gallinas. De hecho la eficiencia alimenticia por docena de huevo fue superior en las gallinas ligeras que en las pesadas. Por lo tanto, podemos modular el manejo y gestión de los lotes en función del objetivo comercial de la empresa.

- Las necesidades en proteína bruta y ácido linoléico de las aves para maximizar el peso del huevo son menores que los valores recomendados por la mayoría de guías de manejo de ponedoras comerciales así como de los valores utilizados a nivel práctico. Las prácticas actuales de suministrar piensos con al

menos 18.0% de PB y 1.8-2.0% de ácido linoléico no están justificadas si el consumo de pienso del ave es adecuado.

- Gallinas pesadas y ligeras respondieron de forma similar a aumentos en el nivel de proteína bruta del pienso. Por tanto, el uso de niveles de proteína superiores a las recomendaciones del NRC (1994), a fin de maximizar el peso del huevo, no se justificó en ninguno de los dos grupos de aves.

IMPLICACIONES PRÁCTICAS

- Bajo las actuales condiciones de mercado, caracterizadas por la gran volatilidad de los precios, la elección del cereal principal del pienso (maíz, trigo, cebada) y de la grasa a añadir al pienso (aceite de soja, oleína vegetal, manteca) debería basarse en el valor nutricional y el coste relativo de cada uno de estos cereales y grasas disponibles en el mercado.

- Las actuales recomendaciones de las guías de manejo de ponedoras, en torno a 1.8%-2% de ácido linoléico en la dieta sobreestiman, en la mayoría de los casos, las necesidades reales de las ponedoras en este ácido graso esencial. Niveles elevados de ácido linoléico, suponen en la práctica, un sobrecoste de la alimentación no siempre justificable.

- El aumento del nivel energético del pienso por encima de 2,750 kcal EMAn/kg con el objetivo de mejorar los resultados productivos de las aves no están justificados. En general, el rango óptimo de utilización está entre 2,700-2,800 kcal EMAn/kg.

- Modificaciones en el manejo permite modular el peso de los lotes de pollitas al inicio de la puesta, lo que puede dar una ventaja competitiva al productor de huevos permitiéndole ajustarse mejor a la demanda del consumidor (huevo super-extra o mediano) y del nicho de mercado objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

ATTEH, J. O., S. LEESON, and JULIAN, R. J. (1983). Effects of dietary levels and types of fat on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poult. Sci.* 62:2403-2411.

ATTEH, J. O., and LEESON, S. (1984). Effects of dietary saturated or unsaturated fatty acids and calcium levels on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poult. Sci.* 63:2252-2260.

ATTEH, J. O., and LEESON, S. (1985). Response of laying hens to dietary saturated and unsaturated fatty acids in the presence of varying dietary calcium levels. *Poult. Sci.* 64:520-528.

BALLAM, G. C. (1985). Integrating nutrition and management to affect egg size. *Poul. Tribune.* 91:40-44.

BISH, C.L., BEANE, W.L., RUGZLER, P.L. and CHERRY, J.A. (1985). Body weight influence on egg production. *Poult. Sci.* 64:2259-2262.

BOHNSACK, C.R., HARMS, R. H., MERKEL, W.D. and RUSSEL, G.B. (2002). Performance of commercial layers when fed diets with four levels of corn oil or poultry fat. *J. Appl. Poult. Res.* 11:68-76.

- BOUVAREL, I., NYS, Y., PANHELEUX, M. and LESCOAT, P. (2010).** Comment l'alimentation des poules influence la qualité des oeufs. *INRA Prod. Anim.* 23:167-182.
- ÇIFTCI, I., YENICE, E. and ELEROGLU, H. (2003).** Use of triticale alone and in combination with wheat or maize: effects of diet type and enzyme supplementation on hen performance, egg quality, organ weights, intestinal viscosity and digestive system characteristics. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105:149-161.
- CLASSEN, H.L. (1996).** Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 62:21-27.
- COON, C. N., OBI, I. and HAMRE, M. L. (1988).** Use of barley in laying hens diets. *Poult. Sci.* 67:1306-1313.
- CRAIG, L.W. and GOODMAN, T. (1993).** Utilization of feed enzymes in laying hen rations. *J. Appl. Poult. Res.* 2:68-74.
- CROUCH, A.N., GRIMES, J.L., FERKET, P.R. and THOMAS, L.N. (1997).** Enzyme supplementation to enhance wheat utilization in starter diets for broilers and turkeys. *J. Appl. Poult. Res.* 6:147-154.
- DAGHIR, N.J. (1995).** Replacement pullet and layer feeding and management in hot climate. *Poultry Production in Hot Climates*. Eds.: Dagher, N.J. CAB International, Cambridge. UK. pp.: 219-253
- DE BLAS, C. (1991).** Necesidades energéticas de las gallinas ponedoras. *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras*. Eds.: De Blas, C. y Mateos, G.G. MAPA. Madrid. AEDOS. Barcelona. Mundi-Prensa. Madrid. pp.:145-159.
- DE GROOTE, G. (1972).** A marginal income, and cost analysis of the effect of nutrient density on the performance of white leghorn hens in battery cages. *Br. Poult. Sci.*13:503-520.
- EL ZUBEIR, E.A. and MOHAMMED, O.A. (1993).** Dietary protein and energy effects on reproductive characteristics of commercial egg type pullets reared in arid hot climate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 41:161-165.
- FARIBORZ, K., FARAJI, M. and DEHKORDI, S. K. (2007).** Effects of reduced-protein diets at constant total sulfur amino acids: lysine ratio on pullet development and subsequent laying hen performance. *Am. J. Anim. Vet. Sci.* 2:89-92.
- FRIKHA, M., SAFAA, H.M., SERRANO, M.P., ARBE, X. and MATEOS, G.G. (2009).** Influence of the main cereal and feed form of the diet on performance and digestive tract of brown-egg laying pullets. *Poult. Sci.* 88:994-1002.
- FRIKHA, M., SAFAA, H.M., SERRANO, M. P., JIMÉNEZ-MORENO, E. and MATEOS, G.G. (2011).** Influence of the main cereal of the diet and particle size of the cereal on productive performance and digestive traits of brown-egg laying pullets. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 164:106-115.
- FRANCESCH, M., PÉREZ-VENDRELL, A.M., ESTEVE-GARCÍA, E. and BRUFAU, J. (1995).** Enzyme supplementation of a barley and sunflower-based diet on laying hen performance. *J. Appl. Poult. Res.* 4:32-40.

FUNDACIÓN ESPAÑOLA DESARROLLO NUTRICION ANIMAL. (2010). Normas FEDNA para la Formulación de Piensos Compuestos. C. de Blas, G. G. Mateos, and P. G. Rebollar, ed. Fund. Esp. Desarro. Nutr. Anim., Madrid, Spain.

GARCÍA, M., LÁZARO, R., LATORRE, M.A., GRACIA, M.I. and MATEOS, G.G. (2008). Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poult. Sci.* 87:940-948.

GROBAS, S., MATEOS G.G. and MENDEZ, J. (1999a). Influence of dietary linoleic acid on productive and egg weight of eggs and egg components in young brown hens. *J. Appl. Poult. Res.* 8:177-184.

GROBAS, S., MENDEZ, J., DE BLAS, C. and MATEOS, G.G. (1999b). Influence of dietary energy, supplemental fat and linoleic acid concentration on performance of laying hens at two ages. *Br. Poult. Sci.* 40:681-687.

GROBAS, S., MENDEZ, J., DE BLAS, C. and MATEOS, G.G. (1999c). Laying hen productivity as affected by energy, supplemental fat, and linoleic acid concentration of the diet. *Poult. Sci.* 78:1542-1551.

GROBAS, S., MENDEZ, J., LÁZARO, R., DE BLAS, C. and MATEOS, G.G. (2001). Influence of source and percentage of fat added to diet on performance on fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poult. Sci.* 80:1171-1179.

GUNAWARDANA, P., ROLAND Sr, D. A. and BRYANT, M.M. (2008). Effect of energy and protein on performance, egg components, egg solids, egg quality, and profits in molted Hy-line W-36 hens. *J. Appl. Poult. Res.* 17:432-439.

GUTIÉRREZ-ÁLAMO, A., PÉREZ DE AYALA, P., VERSTEGEN, M.W.A., DEN HARTOG, L.A. and VILLAMIDE, M. J. (2008). Variability in wheat: factors affecting its nutritional value. *World's Poult. Sci. J.* 64:20-39.

H & N INTERNATIONAL. (2008). Brown Nick Management Guide. H & N International, Cuxhaven, Germany.

HAMMERSHOJ, M. and KJAER, J. B. (1999). Phase feeding for laying hens: effect of protein and essential amino acids on egg quality and production. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.* 49:31-41.

HARMS, R. H., COSTA, P. T. and MILES, R. D. (1982). Daily feed intake and performance of laying hens grouped according to their body weight. *Poult. Sci.* 61: 1021-1024.

HARMS, R.H. (1986). Should phase feeding be used for laying hens?. *Feedstuffs* 58:18.

HARMS, R.H. and IVEY, F. J. (1993). Performance of commercial laying hens fed various supplemental amino acids in a corn-soybean meal diet. *J. Appl. Poult. Res.* 2: 273-282.

HARMS, R.H., RUSSELL, G.B., and SLOAN, D.R. (2000). Performance of four strains of commercial layers with major changes in dietary energy. *J. Appl. Poult. Res.* 9:535-541.

HAWES, R.O. and KLING, L. J. (1993). The efficacy of using prelay and early-lay rations for brown-egg pullets. *Poult. Sci.* 72:1641-1649.

- HILL, F. W., ANDERSON, D.L. and DANSKY, L.M. (1956).** Studies of the energy requirements of chickens 3. The effect of dietary energy level on the rate and gross efficiency of egg production. *Poult. Sci.* 35:54-59.
- HUSSEIN, A.S., CANTOR, A.H., PESCATORE, A. J. and JOHNSON, T. H. (1996).** Effect of dietary protein and energy levels on pullet development. *Poult. Sci.* 75:973-978.
- HUYGHEBAERT, G., DE GROOTE, G., BUTLER, E. A. and MORRIS, T. R. (1991).** Optimum isoleucine requirement of laying hens and the effect of age. *Br. Poult. Sci.* 32: 471-481.
- ISA BROWN. (2011).** Nutrition Management Guide. Institut de Selection Animale. B.V, Boxmeer, The Netherlands.
- JALAL, M.A., SCHEIDELER, S.E. and MARX, D. (2006).** Effect of bird cage space and dietary metabolizable energy level on production parameters in laying hens. *Poult. Sci.* 8:5306-5311.
- JALAL, M.A., SCHEIDELER S. E. and PIERSON, E.M. (2007).** Strain response of laying hen to varying dietary energy levels with and without avizyme supplementation. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 289-295.
- JAMROZ, D., SKOKUPINSKA, J., ORDA, J., WILICZKIEWICZ, A. and KLUNTER, A. M. (2001).** Use of wheat, barley or triticale in feed for laying hens supplemented with carbohydrates derived from *Trichoderma longibrachiatum*. *J. Appl. Anim. Res.* 19:255-263.
- JENSEN, L.S., ALLRED, J.B., FRY, R.E. and McGINNIS, J. (1958).** Evidence for an unidentified factor necessary for maximum egg weight in chickens. *J.Nutri.* 65:219-223.
- JOLY, P. (1995).** Puesta al día de las necesidades de aminoácidos de las gallinas ponedoras. XXXII Symposium de avicultura. Sección española de la Asociación Mundial de Avicultura Científica (WPSA). Barcelona. Spain. pp.: 67-81.
- JOLY, P. and BOUGON, M. (1997).** Influence du niveau énergétique sur les performances des pondeuses à oeufs roux et évolution de l'ingéré en fonction de l'âge. 2^{ème} Journée de la Recherche Avicole. Vol. 2:115-120.
- JUNQUEIRA, O.M., DE LAURENTIZ, A. C., DA SILVA FILARDI, R., RODRIGUES, E.A. and CASARTELLI, E.M. (2006).** Effects of energy and protein levels on egg quality and performance of laying hens at early second production cycle. *J. Appl. Poult. Res.* 15:110-115.
- KESHAVARZ, K. and NAKAJIMA, S. (1995).** The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. *Poult. Sci.* 74:50-61.
- KESHAVARZ, K. (1995).** Further investigations on the effect of dietary manipulations of nutrients on early egg weight. *Poult. Sci.* 74:62-74.
- KLING, L.J. and HAWES, R.O. (1990).** Effect of fat, protein, and methionine concentrations on egg size and production in early matured brown-egg-type pullets. *Poult. Sci.* 69:1943-1949.
- LÁZARO, R., GARCÍA, M., ARANÍBAR, M.J. and MATEOS, G.G. (2003).** Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 44:256-265.
- LEESON, S., LEWIS, D. and SHRIMPTON, D. H. (1973).** Multiple linear regression equations for the prediction of food intake in the laying fowl. *Br. Poult. Sci.* 14: 595-608.

- LEESON, S. and SUMMERS, J.D. (1987).** Effect of immature body weight on laying performance. *Poult. Sci.* 66:1924-1928.
- LEESON, S. and SUMMERS, J.D. (2005).** *Comercial Poultry Nutrition*, 3rd Edition. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
- LIEBERT, F., HTOO, J. K. and SÜNDER, A. (2005).** Performance and nutrient utilization of laying hens fed low-phosphorus corn-soybean diets supplemented with microbial phytase. *Poult. Sci.* 84:1576-1583.
- LOHMANN. (2010).** *Management Guide for Lohmann Brown-Classic*. Lohmann Tierzucht. GMBH. Cuxhaven, Germany.
- MARCH, B. E. and BIELY, J. (1963).** Control of egg size in chickens through dietary amino acid balance. *Nature.* 200:702-703.
- MARCH, B. E. and McMILLAN, C. (1990).** Linoleic acid as a mediator of egg size. *Poult. Sci.* 69:634-639.
- MATEOS, G.G. and SELL, J.L. (1980b).** Influence of graded levels of fat on utilization of pure carbohydrate by the laying hen. *J. Nutr.* 110:1894-903.
- MATEOS, G.G. and SELL, J.L. (1981).** Nature of the extrametabolic effect of supplemental fat used in semipurified diets for laying hens. *Poult. Sci.* 60:1925-1930.
- MATHLOUTHI, N., LARBIER, M., MOHAMED, M.A. and LESSIRE, M. (2002).** Performance of laying hens fed wheat, wheat-barley or wheat-barley-wheat bran based diets supplemented with xylanase. *Can. J. Anim. Sci.* 82:193-199.
- MORRIS, T.R. (1968).** The effect of dietary energy level on the voluntary calorie intake of laying hens. *Br. Poul. Sci.* 9:285-295.
- MORRIS, T.R. and GOUS, R. M. (1988).** Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight. *Br. Poul. Sci.* 29:93-99.
- NATHANAEL, A.S. and SELL, J.L. (1980).** Quantitative measurements of the lysine requirement of the laying hen. *Poult. Sci.* 59:594-597.
- NEWCOMBE, M. and SUMMERS, J. D. (1985).** Effects on increasing cellulose in diets fed as crumble or mash on the food intake and weight gains of broilers and Leghorn chicks. *Br. Poul. Sci.* 26:35-42.
- NRC. (1994).** *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. Parsons, C. M., Koelkebeck, K. W., Zhang, Y., Wang, X. and Leeper, W. 1993. Effect of dietary protein and added fat levels on performance of young laying hens. *J. Appl. Anim. Res.* 2:214-220.
- PEGURI, A. and COON, C. (1991).** Effect of temperature and dietary energy on layer performance. *Poult. Sci.* 70:126-138.
- PÉREZ-BONILLA, A., FRIKHA, M., MIRZAIE, S., GARCÍA, J., MATEOS, G.G. (2011).** Effects of the main cereal and type of fat of the diet on productive performance and egg quality of brown-egg laying hens from 22 to 54 weeks of age. *Poult. Sci.* 90: 2801-2811.

PÉREZ-BONILLA, A., JABBOUR, C., FRIKHA, M., MIRZAIE, S., GARCÍA, J., MATEOS, G.G. (2012a). Effect of crude protein and fat content of diet on productive performance and egg quality traits of brown egg-laying hens with different initial body weight. *Poult. Sci.* 91: 1400-1405.

PÉREZ-BONILLA, A., NOVOA, S., GARCÍA, J., FRIKHA, M., MOHITI-ASLI, M., MATEOS, G.G. (2012b). Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poult. Sci.* 91: 3156-3166.

PILBROW, P. W. and MORRIS, T. R. (1974). Comparison of lysine requirements amongst eight stocks of laying fowl. *Br. Poult. Sci.* 15:51-73.

PIRGOZLIEV, V.R., BIRCH, C.L., ROSE, S.P., KETTLEWELL, P S. and BEDFORD, M.R. (2003). Chemical composition and the nutritive quality of different wheat cultivars for broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 44:464-475.

PROCHASKA, J.F., CAREY, J.B. and SHAFER, D.J. (1996). The effect of L-lysine intake on egg component yield and composition in laying hens. *Poult. Sci.* 75:1268-1277.

PROUDFOOT, F.G., HULAN, H.W. and McRAE, K.B. (1988). Performance comparisons of phased protein dietary regimens fed to commercial Leghorns during the laying period. *Poult. Sci.* 67:1447-1454.

RIBEIRO, B.R.C., LARA, L.J.C., BAIÃO, N.C., LOPEZ, C.A.A., FIUZA, M.A., CONÇADO, S.V. and SILVA, G.M.M. (2007). Effect of linoleic acid level in the diet on the weight, composition and eclodibility of broiler breeders eggs. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 59: 789-796.

RUIZ, N., MARION, J. E., MILES, R. D. and R. B. Barnett. (1987). Nutritive value of new cultivars of triticale and wheat for broiler chick diets. *Poult. Sci.* 66:90-97.

ROLAND, D. A., KAO, D.K., BRYANT, M. M. and SELF, J. (1992). Econometric nutrition: Maximizing profits in commercial Leghorn by optimizing feeding method, total sulfur amino acid intake and environmental temperature. *Degussa Technical Symposium. Degussa Corp., Indianapolis, IN.* pp.:47-57

ROLAND Sr., D. A. (1988). Research note: eggshell problems: Estimates of incidence and economic impact. *Poult. Sci.* 67:1801-1803.

SAFAA, H. M., JIMÉNEZ-MORENO, E., VALENCIA, D.G., FRIKHA, M., SERRANO, M.P. and MATEOS, G.G. (2009). Effect of main cereal of the diet and particle size of the cereal on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in early phase of production. *Poult. Sci.* 88:608-614.

SCHUTTE, J.B., DE JONG, J. and BERTRAM, H.L. (1994). Requirements of the laying hen for sulfur amino acids. *Poult. Sci.* 73:274-280.

SCRAGG, R.H., LOGA, N.B. and GEDDES, N. (1987). Response of egg weight to the inclusion of various fats in layer diets. *Br. Poul. Sci.* 28:15-21.

SELL, J.L. and HODGSON, G.C. (1966). Wheat-soybean meal rations for laying hens. *Poult. Sci.* 45:247-253.

SELL, J.L., ANGEL, C.R. and ESCRIBANO, F. (1987). Influence of supplemental fat on weights of egg and yolks during early egg production. *Poult. Sci.* 66:1807-1812.

SHANNON, D.W.F. and WHITEHEAD, C.C. (1974). Lack of response in egg weight or output to increasing levels of linoleic acid in practical layers' diets. *J. Sci. Food Agric.* 25:553-561.

SOHAIL, S.S., BRYANT, M.M. and ROLAND Sr, D.A. (2003). Influence of dietary fat on economic returns of commercial Leghorns. *J. Appl. Poult. Res.* 12:356-361.

SUMMERS, J.D. (1986). Feeding light hybrids in lay. *Poultry International.* 25:22-26.

SUMMERS, J. D., ATKINSON, J. L. and SPRATT, D. (1991). Supplementation of low protein diet in an attempt to optimize egg mass output. *Can. J. Anim. Sci.* 71:211-220

SUMMERS, J.D. and LEESON, S. (1983). Factors influencing early egg size. *Poult. Sci.* 62:1155-1159.

USAYRAN, N., FARRAN, M. T., AWADALLAH, H.H.O., AL-HAWI, I.R., ASMAR, R.J. and ASHKARIAN, V. M. (2001). Effects of added dietary fat and phosphorus on the performance and egg quality of laying hens subjected to a constant high environmental temperature. *Poult. Sci.* 80:1695-1701.

WALKER, A.W., TUCKER, S. A. and LYNN, N. J. (1991). Effects of nutrient density and fat content on the performance of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 32:1138-1139.

WETHLI, E. and MORRIS, T.R. (1978). Effects of age on the tryptophan requirements of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 19:559-565.

WHITEHEAD, C.C. (1981). The response of egg weight to the inclusion of different amounts of vegetable oil and linoleic acid in the diet of laying hens. *Br. Poult. Sci.* 22:525-532.

WHITEHEAD, C.C. (1984). Essential fatty acids in poultry nutrition. *Fats in animal nutrition.* Eds.: WISEMAN, J. Butterworths. London. UK. pp.: 153-166

WHITEHEAD, C.C., BOWMAN, A. S. and GRIFFIN, G.D. (1991). The effects of dietary fat and bird age on the weights of eggs and egg components in the laying hen. *Br. Poult. Sci.* 32:565-574.

WHITEHEAD, C.C., BOWMAN, A. S. and GRIFFIN, G.D. (1993). Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationship with egg weight. *Br. Poult. Sci.* 34:999-1010.

WHITEHEAD, C.C. (1995). Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 53:91-98.

WU, G., BRYANT, M.M., VOITTE, R.A. and ROLAND Sr., D.A. (2005). Effect of dietary energy on performance and egg composition of Bovans white and Dekalb white hens during phase I. *Poult. Sci.* 84:1610-1615.

ZIMMERMANN, N.G. and ANDREWS, D.K. (1987). Comparison of several induced molting methods on subsequent performance of Single Comb White Leghorn hens. *Poult. Sci.* 66:408-417.