

Optimización de la puesta y la calidad del huevo

H. Enting y P. Pérez de Ayala

Nutreco Poultry and Rabbit Research Centre, Ctra. CM-4004, 45960
Casarrubios del Monte

Introducción

Con los nuevos avances en los rendimientos de la ponedora, cambios en los sistemas de alojamiento, diferencias entre estirpes, enfermedades y variaciones entre lotes, se plantea la pregunta de si los programas de alimentación de la gallina ponedora pueden ajustarse para optimizar la puesta, la calidad del huevo y los costes de alimentación. Las diferencias entre lotes a nivel práctico pueden ser elevadas y dentro de un lote, los coeficientes de variación para los rendimientos productivos se sitúan alrededor del 6-8% (Rodda et al., 1977; Mennicken et al., 1998). La tabla 1 muestra las diferencias entre gallinas blancas y rubias y los sistemas de alojamiento. Las diferencias entre rendimientos productivos pueden llegar hasta el 14%, mientras las diferencias en mortalidad pueden llegar hasta el 40%. Desde el punto de vista del bienestar animal, se puede considerar hasta qué punto se puede ajustar la composición del pienso para reducir la mortalidad, que proviene en parte del picaje. En este trabajo se dan algunos ejemplos para conseguir ajustar la composición del pienso a los rendimientos productivos.

Tabla 1. Producción relativa de gallinas ponedoras alojadas en diferentes sistemas (datos internos de Nutreco)

Tipo producción	Consumo	% puesta	Peso huevo	Masa huevo	IC	Mortalidad
Gallina blanca, jaula	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Gallina rubia, jaula	102.0	97.4	102.7	99.1	102.9	110.3
Gallinas suelo	111.2	97.6	101.6	98.5	112.7	126.5
Free range	112.6	97.1	101.8	98.7	114.3	138.2

Energía

Zhang y Coon (1994) señalaron que, en base a que la ponedora consume de acuerdo a sus necesidades energéticas diarias, es difícil predecir con precisión el consumo de EMA, debido a la falta de buenos datos de investigación relativos a la utilización de la EMA para mantenimiento y la síntesis de tejidos o huevo. En general, los cambios en el consumo de pienso son inferiores que los del nivel energético, lo que resulta en un mayor consumo de energía con niveles crecientes de EMA en el pienso (De Groot, 1972; Summers y Leeson, 1993; Grobas et al., 1999). Cuando la energía o el consumo de nutrientes son limitantes, como al principio del periodo de puesta, un mayor nivel de energía puede tener un efecto positivo en los rendimientos de puesta. Por este motivo, los niveles de energía suelen ser superiores al principio que al final del periodo de puesta. Sin embargo, resultados de investigación sugieren que es

importante ajustar el nivel energético al principio de la puesta al peso del los animales y, por tanto, a su capacidad de ingestión (tabla 2). Los datos presentados en la tabla 2 indican que, cuando los niveles de energía óptimos en periodos de puesta posteriores sean inferiores al actual, por ejemplo, para prevenir problemas de picaje, puede ser interesante intentar conseguir un mayor peso vivo al inicio de la puesta. Una bajada del nivel de EMA aumenta el tiempo dedicado a comer (Savory et al., 1980; De Jong et al., 2005), lo que puede reducir el tiempo dedicado a comportamientos agresivos (picaje) y, por tanto, la mortalidad. Van del Lee et al. (2001) observaron una mejora significativa en la condición del plumaje cuando el nivel de energía del pienso se reducía un 5%, y Steinfeldt et al. (2005) observaron una bajada significativa de la mortalidad cuando los niveles de EMA se redujeron al suministrar forraje.

Tabla 2. Efecto del nivel de energía y del peso vivo sobre los rendimientos al principio del periodo de puesta (semanas 18-24; Nutreco PRRC, 2005)

Peso gallina	Superior a la media		Inferior a la media		P (interacción)
EMA, MJ/kg	11.92	11.09	11.92	11.09	
Consumo, g/d	99.2	103.5	97.4	100.6	0.326
% puesta	78.7	82.8	79.9	76.1	0.094
Peso huevo, g	53.5	53.5	53.1	52.6	0.795
Masa huevo, g/d	42.1	44.2	42.5	40.0	0.032
IC	2.359	2.345	2.302	2.521	0.031

Aunque las gallinas ajusten el consumo a la concentración energética del pienso, parecen existir posibilidades para modular el consumo de pienso y energía. Al principio de la puesta, el consumo de pienso puede aumentarse ligeramente cuando el nivel de EMA se disminuye durante el periodo de recría (tabla 3). Este efecto parece depender del peso del animal. Otra posibilidad puede depender de la distribución del consumo de pienso durante el día. Chah (1972, citado por Leeson y Summers, 1991) y Keshavarz (1998) indican que la mayoría del pienso se consume durante la tarde. Por tanto, la capacidad de ingestión puede ser más limitante durante estas horas y las aves pueden consumir más debido a su capacidad de ingestión que al nivel de EMA, como se muestra en la tabla 4.

Tabla 3. Efecto del nivel de EMA del pienso al final del periodo de recría sobre el consumo de pienso al principio del periodo de puesta (semanas 18-24; Nutreco PRRC, 2005)

EMA, MJ/kg, sem 15-18	Peso ponedora	Control	Control, -1.05 MJ/kg
Consumo, g/d	Superior a la media	100.0 ^b	103.5 ^a
	Inferior a la media	98.7	99.3

Tabla 4. Efecto del nivel de energía durante el día sobre el consumo de pienso por hora (Nutreco PRRC, 2005)

Tratamiento	EMA, MJ/kg		Consumo por hora, g	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
Control	11.51	11.51	6.8	8.5
Split feeding	12.13	9.72	6.4	8.7

Para calcular los niveles óptimos de energía se pueden utilizar modelos. La tabla 5 muestra los niveles de energía del pienso para gallinas blancas (LSL classic) y rubias (ISA Brown) a las 30 y 70 semanas de edad según algunas ecuaciones publicadas. El consumo y los datos productivos de las gallinas se han estimado de las más recientes ediciones de las normas de manejo. Con las distintas ecuaciones, se obtienen grandes diferencias en los niveles de EMA. Las ecuaciones NRC (1981, 1994) aportan resultados más próximos a los niveles prácticos.

Los niveles de EMA a 30 semanas de edad resultan algo más elevados que a 70 semanas. La diferencia media entre las 30 y 70 semanas es de 0.15 MJ/kg, en línea con las diferencias utilizadas en la práctica. Estas diferencias varían desde 0.41 MJ/kg (Combs, 1973) hasta -0.03 MJ/kg (Peguri y Coon, 1988). Sin embargo, un peor plumaje al final del periodo de puesta puede necesitar niveles más altos de EMA. Según Peguri y Coon (1998) una pérdida de plumaje del 10% aumentó los niveles de EMA calculados alrededor de 0.33 MJ. Esto indica que en manadas con un mal estado de emplume, una disminución de EMA puede resultar en unos resultados peores.

Entre gallinas blancas y rubias, se ha estimado una diferencia media en los niveles de EMA de 0.67 MJ/kg. Esta diferencia no suele aplicarse en la práctica. Las diferencias pueden deberse a que las necesidades de EMA no se calculan correctamente para pesos elevados (la mayoría de las ponedoras rubias son más pesadas que las blancas) o a diferencias en las necesidades de mantenimiento. Cuando las diferencias observadas en los niveles calculados de EMA se atribuyen las diferencias en las necesidades de mantenimiento, las ponedoras rubias deberían tener unas necesidades de mantenimiento 12-13% menores que las ponedoras blancas. Aunque pueden existir diferencias entre gallinas blancas y rubias en lo que se refiere a la actividad, éstas pueden estar sobreestimadas.

Las ecuaciones actuales para calcular los niveles óptimos de EMA pueden modificarse para ajustarlas a datos de campo y experimentales, pero no existe una base científica para estos reajustes. Sobre la base de las diferencias en consumo entre gallinas alojadas en batería o en suelo, se pueden estimar las necesidades de mantenimiento de estas últimas. Dado que la masa de huevo de gallinas alojadas en suelo es generalmente inferior que las de las alojadas en batería y que el consumo diario de proteína es normalmente mayor, se puede pensar que el consumo de energía es limitante para optimizar los rendimientos productivos de las gallinas alojadas en suelo. Esto puede indicar que las diferencias en las necesidades de mantenimiento son mayores que las estimadas sobre la

base de las diferencias en el consumo de pienso entre gallinas enjauladas o alojadas en suelo.

Tabla 5. Necesidades calculadas de EMA (MJ/kg) en pienso para ponedoras LSL classic e ISA Brown a 30 y 70 semanas de edad según distintas ecuaciones

Gallina	Edad	Combs, 1968	Emmans, 1974	NRC, 1981	Peguri y Coon, 1988	NRC, 1994
LSL classic	semana 30	13.47	12.37	11.87	10.38	11.98
	semana 70	13.06	12.29	11.65	10.34	11.77
ISA Brown	semana 30	13.87	13.12	12.39	11.29	12.51
	semana 70	13.46	13.20	12.23	11.41	12.36

Aminoácidos

Existen varios experimentos de dosis respuesta publicados (p.ej. CVB, 1996) a partir de los cuales se pueden estimar los niveles óptimos de aminoácidos para el % de puesta, peso del huevo, masa de huevo e índice de conversión. Los datos experimentales reflejan diferencias en las recomendaciones, como puede observarse en la tabla 6. Para la lisina digestible, las necesidades diarias publicadas por CVB (1996), Coon y Zhang (1999), Rostagno et al. (2005) y las derivadas de publicaciones más recientes concuerdan bastante bien. También las recomendaciones para metionina, metionina + cistina, treonina y triptófano de CVB (1996), Rostagno et al. (2005) y otros autores son concordantes. Las relaciones isoleucina/lisina o valina/lisina digestibles resultan altamente variables. Esta amplia variación hace más difícil optimizar los rendimientos de puesta y los costes de alimentación. Hasta ahora, establecer los niveles mínimos de isoleucina y valina digestibles resulta complicado, probablemente porque otros aminoácidos se convierten limitantes cuando se reducen los niveles de proteína del pienso (Huyghebaert et al., 1991; Harms y Russel, 2001; Shivazad et al., 2002). Cuando se utiliza un mínimo para los aminoácidos digestibles, los aminoácidos esenciales totales digestibles o los aminoácidos no esenciales totales digestibles pueden ser una buena herramienta para optimizar los rendimientos y los costes de alimentación.

Las diferencias en las necesidades de la tabla 6 pueden deberse a varios factores. En las publicaciones utilizadas para estimar las necesidades reflejadas en la última columna de la tabla 6, las necesidades para maximizar el peso del huevo y minimizar el índice de conversión fueron 6% superiores que las necesidades para optimizar el porcentaje de puesta. Estas diferencias son menores que las estimadas por Eits et al. (2005), quienes también demostraron que el sistema de alojamiento puede tener un claro efecto en los niveles óptimos de aminoácidos (tabla 7). Además, Ambrosen y Petersen (1997) indicaron que los niveles de aminoácidos para prevenir el picaje pueden ser superiores a los que optimizan los rendimientos, lo que puede sugerir un ajuste para gallinas alojadas en suelo. De las publicaciones utilizadas en la tabla 6, parece que las necesidades están condicionadas por la edad. Se ha estimado que las

necesidades al final del periodo de puesta pueden ser 15% inferiores a las del inicio del periodo de puesta. Esto puede indicar que un nivel de, por ejemplo, 6.5 g/kg de lisina digestible al principio de la puesta puede disminuirse progresivamente hasta 5.5 g/kg al final de la misma.

Tabla 6. Recomendaciones de aminoácidos (mg/gallina y día) para ponedoras (valores en cursiva representan valores relativos a la lisina = 100%)

	NRC, 1994		Jais y Kirchgessner, 1995 ¹		CVB, 1996		Coon y Zhang, 1999		Rostagno et al., 2005 ²		Otros ³	
Lisina	552	<i>100</i>	770	<i>100</i>	700	<i>100</i>	676	<i>100</i>	727	<i>100</i>	717	<i>100</i>
Metionina	252	<i>43</i>	341	<i>44</i>	350	<i>50</i>	331	<i>49</i>	364	<i>50</i>	366	<i>51</i>
Met+cys	493	<i>84</i>			651	<i>93</i>	548	<i>81</i>	662	<i>91</i>	639	<i>89</i>
Treonina	399	<i>68</i>	572	<i>74</i>	462	<i>66</i>	493	<i>73</i>	480	<i>66</i>	461	<i>64</i>
Triptófano	135	<i>23</i>	121	<i>16</i>	133	<i>19</i>	135	<i>20</i>	167	<i>23</i>	143	<i>20</i>
Isoleucina	552	<i>94</i>	583	<i>76</i>	553	<i>79</i>	581	<i>86</i>	603	<i>83</i>	500	<i>70</i>
Valina	592	<i>101</i>	495	<i>64</i>	602	<i>86</i>	690	<i>102</i>	654	<i>90</i>	565	<i>79</i>

¹ Asumiendo un consumo de pienso de 110 g/d

² Peso vivo 1.6 kg, incremento de peso 0.5 g, masa de huevo 50 g/d

³ Balnave et al. (2000), Bertram et al. (1995), Esteve-García et al. (2001, 2003), Faria et al. (2002), Harms y Russell (2000, 2001), Huyghebaert y Butler (1991), Huyghebaert et al. (1991), Ishibashi et al (1998), Novak et al. (2004), Peganova y Eder (2002), Peganova et al. (2003), Russell y Harms (1999), Scutte et al. (1994), Schutte y Smink (1998), Shahir et al. (2004), Shivazad et al. (2002), Waldroup y Hellwig (1995).

Tabla 7. Efecto del sistema de alojamiento en las necesidades de proteína de gallinas ponedoras de 23 a 28 semanas de edad (Eits et al., 2005)

Alojamiento	% puesta	Peso huevo	Masa huevo	IC
Jaulas	14.1	17.0	16.9	17.2
Suelo	< 13.0	15.1	14.2	17.4

Como con la energía, los niveles óptimos de aminoácidos pueden estimarse por modelos. La tabla 8 muestra los niveles de lisina digestible calculados para gallinas LSL classic e ISA Brown a las 30 y 70 semanas de edad según ecuaciones publicadas. Los datos de rendimiento se obtuvieron de las más recientes versiones de las guías de manejo de estas ponedoras. Los niveles calculados de lisina digestible fueron inferiores a los encontrados experimentalmente (tabla 6, asumiendo un consumo diario de pienso de 110 grs.), con los datos más parecidos a partir de la ecuación de McDonald y Morris (1985). A las 30 semanas de edad, los niveles calculados de lisina digestible fueron ligeramente superiores para las ponedoras rubias. A las 70 semanas no se observaron diferencias. Los niveles calculados de lisina digestible disminuyeron como media 0.43 g/kg de 30 a 70 semanas de edad. Esta disminución varió desde 0.31 (Fisher et al., 1973) a 0.55 g/kg (Hurwitz y Bornstein, 1973) y fue menor que la disminución en las necesidades del 15% entre el inicio y el final del período de puesta sobre la base de las publicadas usadas en la tabla 6 (última columna).

Los modelos también se pueden utilizar para calcular el perfil óptimo de aminoácidos del pienso. La tabla 9 resume los perfiles obtenidos con diferentes modelos. Resulta que los modelos reflejan diferencias importantes en los perfiles de aminoácidos. Igual que con los datos

experimentales (tabla 6) las diferencias son particularmente importantes para isoleucina y valina. El perfil de aminoácidos obtenido con la ecuación de McDonald y Morris (1985), y por el método factorial se parecen mucho al perfil de aminoácidos recomendado por CVB (1996) y Rostagno et al. (2005) y el perfil obtenido de otras publicaciones (tabla 6). Los ajustes en las eficacias de utilización de los aminoácidos pueden aproximar los perfiles y niveles calculados a los encontrados experimentalmente. Estas ecuaciones ajustadas se pueden utilizar para adecuar la composición del pienso con los rendimientos. Sin embargo, no existe base científica para estos ajustes.

Tabla 8. Necesidades calculadas de lisina digestible (g/kg) en pienso para gallinas LSL classic e ISA Brown de 30 y 70 semanas de edad según diferentes ecuaciones (adaptado de Zhang y Coon, 1994)

Gallina	Edad	Hurwitz y Bornstein, 1973	Fisher et al, 1973	Smith, 1978	McDonald y Morris, 1985
LSL classic	semana 30	5.35	5.49	4.43	6.41
	semana 70	4.90	5.21	4.06	6.05
ISA Brown	semana 30	5.48	5.61	4.55	5.53
	semana 70	4.81	5.26	4.00	6.06

Tabla 9. Perfiles de aminoácidos calculados según diferentes modelos¹ (adaptado de Zhang y Coon, 1994)

Fuente	Hurwitz y Bornstein, 1973	Smith, 1978, modelo 1 ²	Smith, 1978, modelo 2 ²	McDonald y Morris, 1985	Modelo factorial ³
Lisina	100	100	100	100	100
Metionina	60	60	48	51	47
Triptófano	22	25	19	24	87
Isoleucina	100	97	78	69	81
Valina	120	120	107	76	91

¹ Peso 1.5 kg, ganancia 5 g, masa huevo 50 g/d

² En el modelo 2, se utiliza un factor mayor para la cantidad de aminoácidos en la albúmina de la clara que en el modelo 1

³ Necesidades de McDonald y Morris (1985) para mantenimiento y producción, y de Talpaz et al., (1986) y Emmans y Fisher (1986) para ganancia de peso

Calcio y fósforo

Igual que con los aminoácidos, se han realizado experimentos de dosis respuesta con calcio y fósforo para obtener niveles óptimos para producción, cáscara y, en algunos casos, resistencia ósea (p.ej. Chandramoni et al., 1998; Usayran et al., 2001; Sohail y Roland, 2002; Castillo et al., 2004; Yonemochi et al., 2004; Panda et al., 2005). Las necesidades parecen depender de la edad, niveles de otros minerales y la temperatura (Chandramoni et al., 1998), aunque Persia et al. (2003) no encontraron una interacción entre los niveles de fósforo del pienso y el estrés por calor. Según Snow et al., las diferencias en las necesidades entre estirpes pueden ser muy pequeñas.

Normalmente, las necesidades de fósforo se expresan en base a total, digestible o absorbido y las de calcio en una base total. Para optimizar la calidad de la cáscara, se han dado recomendaciones sobre el tamaño de partícula de la fuente de calcio. Richter et al. (1999) concluyeron que la resistencia de la cáscara era máxima cuando se utilizaba carbonato con un tamaño de partícula entre 0.5 – 2.0 milímetros o cuando se utilizaba una mezcla de un tercio de carbonato y dos tercios de conchilla de ostras. Sin embargo, Joly et al., 2003, indicaron que el tamaño de partícula óptimo de carbonato para la calidad del huevo y la producción era de 2-4 milímetros. En el último tercio del período productivo, Lichovnikova (2007) encontró que la fuente de calcio debía incluir dos tercios de partículas groseras. Las diferencias en las recomendaciones para el tamaño de partículas en la fuente de calcio pueden deberse al hecho de que existan diferencias en la disponibilidad del calcio que no pueden atribuirse al tamaño de partícula (tabla 10). Por tanto, parece necesario tener datos de la disponibilidad del calcio para optimizar la dureza de la cáscara y la producción.

Tabla 10. Efecto de diferentes fuentes de calcio durante un periodo de 4 semanas en el peso de la cáscara por unidad de superficie (SWUSA); piensos con el mismo nivel de calcio (Nutreco PRRC, 2006)

Fuente carbonato	Experimento 1. Tamaño medio partícula, mm	SWUSA, mg/cm ²	Fuente carbonato	Experimento 2. Tamaño medio partícula, mm	SWUSA, mg/cm ²
1	1.37	84.2 ^a	1	1.54	78.7 ^b
2	0.62	80.0 ^b	2	1.22	82.1 ^a
3	0.36	80.2 ^b	3	4.47	74.5 ^c
4	0.20	84.5 ^a	4	0.39	82.7 ^a
5	2.01	80.7 ^b	5	0.24	78.2 ^b

Otra posibilidad para mejorar la dureza de la cáscara y la producción de huevos puede ser ajustar los niveles de calcio y fósforo a necesidades variables durante el día. Keshavarz (1998) y Waldroup y Hellwig (2000) no encontraron mejoras en la dureza de la cáscara cuando la mayoría del calcio diario se suministró por la tarde. Concluyeron que el consumo total del calcio era más importante que la distribución del calcio durante el día. Sin embargo, Goto et al. (2002) observaron que suministrando la mayoría del calcio durante la tarde, resultaba en una disminución significativa de los huevos rotos comparado con el grupo control. Kermanshahi et al. (2006) encontraron un aumento en la dureza de la cáscara cuando se administraba carbonato cálcico extra una hora antes de empezar el período nocturno. La dureza de la cáscara fue óptima cuando se daban 3 grs. por gallina y día. Por tanto, desde un punto de vista práctico, parece que la dureza de la cáscara se puede maximizar administrando calcio extra justo antes del período nocturno.

Para calcular el nivel óptimo de calcio en ponedoras se puede utilizar el enfoque de WPSA (1984). Con este sistema se utilizan unas necesidades de mantenimiento de 55 miligramos por kg. Las necesidades por gramo de huevo disminuyeron desde 35.9 mg al principio hasta 32.9 al final del período de puesta. La utilización del calcio disminuyó desde 50 al principio

hasta 40% al final de la puesta. Cuando se utiliza este enfoque, los niveles de calcio que se obtienen para ponedoras LSL classic e ISA Brown se corresponden con los niveles óptimos encontrados experimentalmente. Sin embargo, cuando se posibilita la utilización del calcio óseo lo mínimo posible para mantener la integridad ósea, las necesidades de calcio pueden ser calculadas en base al peso del huevo en lugar de en base a la masa de huevo. En este caso, las cifras de utilización del calcio, y puede que también la cantidad de calcio por gramo de huevo, necesitan ser ajustadas para calcular niveles de calcio que se correspondan con los niveles óptimos obtenidos experimentalmente. Faltan datos experimentales recientes para justificar estos cambios.

Para calcular los niveles de fósforo en pienso, el sistema factorial utilizado por CVB (1997) sugiere valores concordantes con los datos experimentales. Con este enfoque, las necesidades se calculan en base al peso del huevo y no a la masa del huevo. Se asumieron unas necesidades de 2 mg de fósforo por gramo de huevo y 4.9 mg/g para el crecimiento. Para el mantenimiento, se distinguió entre mantenimiento sin formación de cáscara y una necesidad adicional debida a la movilización del calcio óseo para la formación de la cáscara. Para el mantenimiento sin formación de cáscara se estimaron unas necesidades de 14 mg/kg. Se asumió que el 20% del calcio de la cáscara provenía del hueso. Para un huevo con un peso de 60 g., se movilizarían 320 mg. de calcio y 145 mg. de fósforo de los huesos, asumiendo una relación calcio-fósforo de 2.2. (CVB, 1997). También se asumió que durante el período en el que el fósforo se movilizaba de los huesos, éste podía ser utilizado las necesidades de mantenimiento y producción.

La tabla 11 muestra las necesidades calculadas de fósforo retenido de gallinas blancas y rubias utilizando los datos de producción de las correspondientes guías de manejo. Los niveles de fósforo disponible se dedujeron a partir de los de fósforo retenido. Los niveles de fósforo retenido y, por tanto, disponible resultaron ser bastante constantes durante el período de puesta, aunque éstos se disminuyan en la práctica. Cuando estos valores se recalcularon en base a la masa del huevo en lugar del peso del huevo, se obtuvo una disminución en las necesidades durante el período de puesta (tabla 11). Sin embargo, queda por definir el mejor enfoque. Las mejoras en la persistencia de la puesta pueden requerir niveles de fósforo más constantes que en el pasado. El modelo utilizado por CVB (1997) indica que la duración del tiempo en que la gallina depende de la movilización de fósforo óseo puede tener un efecto importante en los niveles óptimos de fósforo en el pienso.

Dijkstra et al. (2006) estimaron efectos similares. Cuando no hay absorción de calcio óseo durante la formación de la cáscara, los niveles calculados de fósforo retenido se reducen hasta 1.5 g/kg., mientras que un aumento del tiempo de utilización del calcio óseo puede resultar en un aumento importante de los niveles calculados de fósforo retenido. Hace falta más información sobre este proceso para ajustar los niveles de fósforo en la práctica para optimizar los rendimientos y la calidad del huevo. También conviene prestar atención al efecto del peso vivo, reservas de calcio al principio de la puesta y los efectos de la movilización

ósea en la integridad del hueso y la dureza de la cáscara ya que Bar et al. (1998) observaron más huevos rotos cuando las gallinas empiezan a producir en edad temprana con un peso vivo bajo. Por ejemplo, diferencias entre España y Holanda en el peso de la gallina al principio de la puesta y el porcentaje de huevos rotos al final de la puesta también pueden indicar la importancia del peso, capacidad de ingestión y reservas de calcio para maximizar la dureza de la cáscara.

Tabla 11. Necesidades calculadas de calcio y fósforo retenido y disponible (g/kg) en pienso para ponedoras LSL classic e ISA Brown a las 30 y 70 semanas de edad. (Los niveles de fósforo entre paréntesis indican niveles óptimos para masa de huevo en lugar de para peso de huevo)

Gallina	Edad	Ca, g/kg	P retenido, g/kg	P disponible, g/kg
LSL classic	semana 30	38.0	2.84 (2.69)	3.52 (3.32)
	semana 70	40.4	2.92 (2.35)	3.64 (2.89)
ISA Brown	semana 30	38.4	2.88 (2.74)	3.57 (3.38)
	semana 70	39.6	2.95 (2.31)	3.66 (2.84)