

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE AVICULTURA COMPLEMENTARIA: CODORNICES

R. Lázaro¹, M.P. Serrano¹ y J. Capdevila²

¹Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid

²Nuri i Espadalé, S.L.

1.- INTRODUCCIÓN

Las codornices son originarias de Europa, Norte de África y Asia y pertenecen a la familia Phasianidae, subfamilia Perdicionidae (Pinto et al., 2002). La codorniz europea (*Coturnix coturnix coturnix*) se introdujo en Japón en el siglo XI donde se cruzó con especies salvajes dando lugar a la codorniz doméstica (*Coturnix coturnix japonica*) que es la más difundida a nivel mundial. Esta codorniz se caracteriza por su gran precocidad y elevada productividad y se explota tanto para la producción de carne como de huevos. La producción intensiva de la codorniz japonesa empezó en los años 1920s en Japón, obteniéndose entonces por selección las primeras líneas de huevo (Wakasugi, 1984). Entre los años 1930s y 1950s esta codorniz se introdujo con éxito en América y Europa. La codorniz americana o “Bobwhite” es originaria de América del Norte y pertenece a la misma familia que las anteriores pero a distinto género y especie (*Colinus virginianus ridgwayi*). Su explotación es esencialmente para producción cinegética.

La producción de carne de codorniz se concentra fundamentalmente en determinados países de Europa tales como España y Francia y en Estados Unidos y la de huevos en Asia (China y Japón) y más recientemente en Brasil (Minvielle, 2004). Las estadísticas de producción son escasas y poco precisas. En el año 2004, la producción de carne en España fue de 9.300 t, lo que supone el 11% del total de carne de avicultura alternativa (MAPA, 2004). Esta cifra representa un incremento del 81% con respecto a la producción en el año 1988 (5.140 t). España es exportador de carne de codorniz, con unas 2.282 t en el 2003 y 1.395 t en el 2004, siendo Francia el principal receptor (MAPA, 2004). El consumo de carne en España está en torno a 250 g/h/a (MAPA, 2004) y la

compra es fundamentalmente con base en aves enteras. Interesaría ampliar la gama de productos atractivos para el consumidor con despieces, carne procesada procedente de aves más pesadas y platos precocinados. Aunque la explotación comercial de la codorniz es fundamentalmente intensiva, sus productos gozan de una imagen más natural que otras aves, un aspecto que conviene mantener o incluso desarrollar en el futuro.

La codorniz es una especie de crecimiento precoz y alcanza el peso vivo adulto antes que otras especies avícolas como el pollo o el pavo. Es una especie polígama con importantes diferencias morfológicas entre sexos. Así, en la codorniz japónica el peso de la hembra es un 7-10% superior al del macho, característica no muy común en avicultura (MAPA, 2004). Otra diferencia morfológica entre sexos es que en el macho las plumas pectorales son de color marrón rojizo y en la hembra de color gris-beige y moteadas en negro, diferencia que empieza a detectarse a los 15 d de vida. El contenido en grasa de la canal en la codorniz japónica es bajo (4% a 21 d), pero aumenta muy rápidamente a partir de 21 d de edad (Marks, 1993). El contenido en proteína (20%) se reduce ligeramente a partir de los 14 ó 28 d según la línea genética. Como resultado, los índices de conversión aumentan rápidamente con la edad y, por tanto, debe cuidarse la edad al sacrificio. En el cuadro 1 se detallan las curvas de crecimiento (modelo de Gómetz) de distintas especies avícolas según sexos (Larbier y Leclercq, 1994a). Según estos autores en la codorniz japónica la ganancia de peso máxima en ambos sexos ocurre a los 14-15 d, con un peso final de la hembra un 10% superior al del macho. Du Preez y Sales (1997) aplicando este mismo modelo a la codorniz europea observaron que machos y hembras alcanzaban la ganancia máxima en torno a los 13 y 16 d, respectivamente. El peso adulto fue de 148 ± 3 g en el macho y de 192 ± 5 g en la hembra (Figura 1).

En España la producción intensiva se realiza en base a la variedad japónica, mientras que para repoblación de cotos se emplea la variedad europea (MAPA, 2004). La codorniz se caracteriza por su elevada productividad, sin necesidad de grandes espacios y con bajos requerimientos de inversión en instalaciones (Pinto et al., 2002, 2003a, Minvielle, 2004). En condiciones prácticas pesa entre 6 y 9 g al nacimiento y 225-235 g a los 32-35 d de vida (230-240 g las hembras y 215-225 g los machos). Existen diferencias importantes en cuanto a ganancias de peso en crecimiento entre líneas que pueden superar el 10-20%. El índice de conversión se encuentra entorno a 2,50-2,70 g/g y la mortalidad durante el periodo de crecimiento varía entre el 2 y el 8%. En los cuadros 2 a 4 se muestran datos productivos medios de distintas líneas de codorniz según diversas fuentes. Almeida et al. (2002) muestran que el peso a 49 d del macho de la línea italiana (carne) es un 75% superior al de la codorniz japónica de línea para puesta (180 vs 103 g; Cuadro 4). Asimismo, la ganancia, consumo y conversión a los 49 d de vida fueron respectivamente un 77, 60 y 9% mejores en la línea de carne que en la línea de puesta. En puesta, la productividad anual es de unos 300 huevos y el peso del huevo está entre 9 y 16 g, según el

tipo de codorniz y la fase de puesta. La codorniz destaca por su gran precocidad y longevidad, alcanzando la madurez sexual con 40-45 d de vida.

Cuadro 1.- Curvas de crecimiento para distintas especies avícolas según el modelo de Gomertz¹ (Larbier y Leclercq, 1994a)

Especie	Sexo	PVo, g ¹	PVmáx., g ¹	t máx, d ¹	μ ¹	D ¹	
Pollo broiler	Macho	37	6.050	48,2	0,172	0,034	
	Hembra	37	4.600	43,2	0,175	0,036	
	label	37	4.150	52,8	0,138	0,029	
Pavo	Macho	60	15.750	75,3	0,127	0,023	
	Hembra	60	10.550	69,8	0,122	0,024	
Pato Barbarie	Macho	45	4.675	35,3	0,202	0,043	
	Hembra	45	2.700	27,8	0,208	0,051	
	Pekin	Macho	50	2.225	23,8	0,225	0,059
	Pekin	Hembra	50	2.525	23,8	0,225	0,057
Codorniz japónica	Macho	8,8	247	13,6	0,294	0,088	
	Hembra	8,8	271	14,9	0,283	0,083	

¹Ecuación de Gompertz: $PV = PVo \cdot \exp(\mu(1 - \exp(-D \cdot t))) / D$

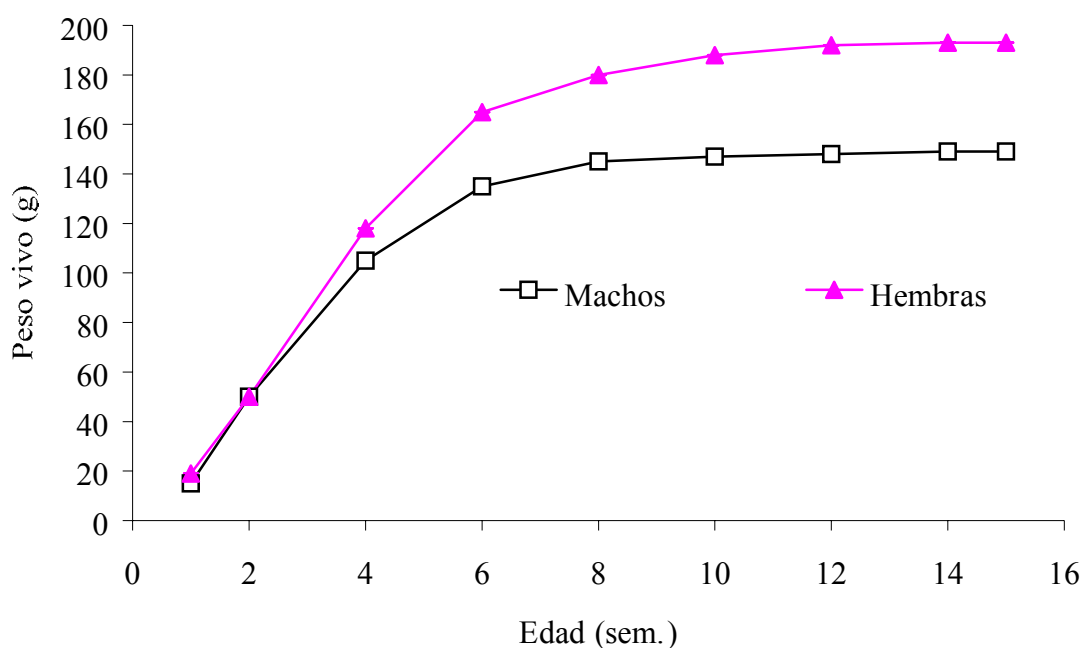
PV: peso vivo a la edad t

PVo: peso vivo al nacimiento (t=0)

μ: constante de la proporción entre el ritmo de crecimiento y el peso vivo

D: constante de la reducción del ritmo de crecimiento

Figura 1.- Curvas de crecimiento de la codorniz europea según sexo (Du Preez y Sales, 1997)



Cuadro 2.- Crecimiento y consumo de la codorniz japónica según edad y sexo (INRA, 1989)

Edad, d	Machos			Hembras		
	Peso vivo g	Consumo ¹ g	Conversión ¹ g/g	Peso vivo g	Consumo ¹ g	Conversión ¹ g/g
21	145	460	--	150	475	--
40	225	880	4,08	240	930	4,05
45	230	960	4,35	250	1.030	4,28

¹ Acumulado**Cuadro 3.- Crecimientos y consumos de la codorniz japónica macho y hembra hasta las 10 semanas de edad (Leeson y Summers, 2005)**

Edad, semanas	Machos		Hembras	
	Peso vivo, g	Consumo acumulado, g	Peso vivo, g	Consumo acumulado, g
2	40	50	40	50
4	90	180	100	190
6	120	300	130	330
8	130	350	160	450
10	140	400	170	510

Cuadro 4.- Crecimiento, consumo y conversión de la codorniz macho de líneas de carne (italiana¹) y huevo (japónica) según edad (Almeida et al., 2002)

Edad, d	Peso, g ¹		Ganancia, g		Consumo, g		Conversión, g/g	
	Italiana	Japónica	Italiana	Japónica	Italiana	Japónica	Italiana	Japónica
0 a 7	25,5	21,4	18,7	15,5	35,1	31,3	1,86	2,04
7 a 14	57,6	43,8	32,0	22,4	91,5	76,0	2,85	3,40
14 a 21	95,9	66,0	39,4	23,2	135,6	100,0	3,44	4,33
21 a 28	135,3	87,4	39,4	21,4	151,7	111,7	3,90	5,30
28 a 35	167,6	101,4	32,2	14,0	219,8	135,8	7,28	10,63
35 a 42	177,2	101,4	9,6	--	304,2	166,1	17,73	141,09
42 a 49	180,2	103,1	3,0	1,7	302,2	149,6	11,76	46,28

¹Peso vivo al final del periodo productivo considerado (edad). El peso inicial es de 6,8 g en la codorniz italiana y de 6,0 g en la codorniz japónica.

El número de artículos científicos publicados en los últimos 20 años sobre codornices (biología, genética, nutrición, fisiología, patología, comportamiento y bienestar) es mucho menor que en otras especies avícolas, habiéndose incluso reducido en

los últimos años (Minvielle, 2004). Además, la mayor parte de la información corresponde a trabajos que utilizan la codorniz como modelo animal en biología y medicina. Es de destacar la casi ausencia de publicaciones sobre nutrición de esta especie en los últimos 10 años, así como la ausencia de datos publicados sobre la composición de la canal, que reduce nuestros conocimientos y dificulta centrar las especificaciones nutricionales en formulación práctica. Por tanto, la información existente sobre requerimientos nutricionales de las codornices es escasa y poco actual, con la mayoría de los trabajos recientes realizados en Brasil.

El objetivo de este trabajo es resumir la información publicada por centros de investigación e industria sobre aspectos básicos y prácticos en alimentación de codornices de carne en producción intensiva. Cuando se considera pertinente se comentan ciertos aspectos sobre la alimentación de codornices de puesta.

2.- PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PIENSO

Los programas de alimentación de codornices de carne varían en función del tipo de ave considerado, así como del manejo y las características concretas de las explotaciones. Normalmente en el periodo de cebo se utilizan sólo dos piensos: arranque o primera edad hasta las 2 ó 3 semanas de vida y engorde o acabado a partir de esta edad y hasta las 5-7 semanas. A veces se formulan tres piensos: inicio de 0 a 10 d, crecimiento de 10 a 28 d y acabado de 28 hasta el sacrificio. Al igual que ocurre en otras especies avícolas, Wilson y Dugan (1987) muestran que ayunos post-eclosión de 24 h reducen el peso de las codornices Bobwhite a los 21 d de edad. Por tanto, es de interés suministrar agua y pienso a las codornices lo antes posible tras el nacimiento, dada la importancia del estímulo mecánico del pienso sobre el desarrollo del tracto gastrointestinal y la reabsorción del saco vitelino durante los primeros días de vida (Moran, 1985, 1990; Uni et al., 1998; Corless y Sell, 1999; Noy y Sklan, 1999).

El tamaño de la molienda y la presentación del pienso, así como la calidad del gránulo o de la migaja son de gran importancia en piensos de codornices, especialmente durante los primeros días de vida cuando el consumo es muy reducido. Diversos investigadores han indicado la necesidad de una molienda adecuada para favorecer y potenciar el consumo, la motilidad del tracto digestivo y la digestibilidad de los nutrientes en aves (Nir et al., 1994a,b, 1995; Kilburn y Edwards, 2001, 2004; Peron et al., 2005). Moliendas excesivamente finas reducen el consumo y aumentan la velocidad de tránsito, reduciendo el tamaño de la molleja e incrementando el pH del contenido de la misma (Nir et al., 1994a). Por el contrario, moliendas excesivamente groseras reducen la velocidad de tránsito y perjudican la compactación del pienso y la calidad de la migaja. Desafortunadamente no existen datos concretos publicados sobre la importancia del

tamaño de partícula en codornices de carne. Leandro et al. (2001) indican que en codornices japónicas en puesta tamaños de partícula (diámetro medio geométrico) comprendidos entre 1,10 y 1,70 mm en el caso del maíz y de entre 0,70 y 1,80 mm en el caso de la harina de soja no afectan a la productividad. Esta falta de importancia del tamaño medio de partícula podría ser debido a la forma de presentar el pienso; el tamaño y la uniformidad de las partículas son importantes en piensos en harina, pero perderían importancia en el momento de migajar o granular el pienso. En caso de piensos en harina, podría ser de interés moler el cereal mediante molino de rodillos, a fin de obtener una buena uniformidad de las partículas. Wilson y Nesbeth (1980) compararon en codornices Bobwhite tres tipos de presentación del pienso: 1) harina desde 0 a 5 semanas de edad, 2) harina de 0 a 2 semanas y gránulo de 2,5 a 3 mm de 2 a 5 semanas y 3) gránulo de 2,5 a 3,0 mm de 0 a 5 semanas. El consumo de pienso a las 5 semanas fue similar entre los tres programas, pero las codornices que consumieron gránulo durante todo el ensayo pesaron más a 1, 3 y 5 semanas de edad que las que recibieron las otras dos presentaciones que incluían harina en una fase o en todo el ciclo productivo. En relación a los índices de conversión, la presentación de harina hasta las 2 semanas seguido de gránulo hasta el sacrificio fue el programa que proporcionó mejores resultados. Angulo et al. (1993) observaron que el consumo de pienso en codornices japónicas fue superior con harinas que con gránulo durante todo el periodo de engorde (0 a 33 d), pero el gránulo favoreció el crecimiento y los índices de conversión del pienso.

En condiciones prácticas es muy importante que el pienso de codornices se suministre en forma de migaja fina uniforme y de buena calidad. De aquí que el trigo sea un cereal de elección en piensos para esta especie. En piensos de acabado y para reproductoras tanto la migaja como el gránulo fino (≤ 2 mm) son aceptables. De no poder fabricar una miga de calidad, se recomienda utilizar piensos en harina con un tamaño de partícula uniforme y sin finos.

3.- ENERGÍA

3.1.- Valoración energética de los alimentos

Pocos estudios han evaluado el valor nutricional de materias primas en codornices, por lo que no se dispone de tablas específicas para esta especie. Por ello, en formulación práctica se utilizan las mismas tablas de composición de alimentos que para pollos. Tampoco existe información alguna sobre niveles de utilización de estos ingredientes en piensos para carne o puesta. En general, se consideran que los límites de uso son similares a los recomendados para iniciación de pollos.

Wilson et al. (1961) sugieren que la codorniz japónica es una especie adecuada para la realización de estudios de nutrición y alimentación a aplicar en pollos y pavos, dado el gran parecido entre especies. Begin (1968) realizó un estudio para evaluar la utilización de la energía de dietas con baja y alta concentración energética en pollos procedentes de estirpes de puesta y codornices japónicas de 4 semanas de edad. Este autor observó que los valores de energía metabolizable (EM) en ambas especies fueron similares, por lo que estima que los valores de pollos pueden utilizarse en formulación práctica de codornices. Sin embargo, y a pesar de las conclusiones del autor, en este estudio se observó que los pollos presentaban mejores índices de conversión del pienso que las codornices independientemente de la concentración energética utilizada. Posiblemente, estas diferencias en índices de conversión sean debidas a las mayores necesidades de mantenimiento de la codorniz con respecto al pollo (Farrell et al., 1982). Begin (1968) observó que el pollo presentaba peor conversión con piensos de baja energía que con piensos de alta densidad energética, mientras que la codorniz convertía igual con ambos tipos de pienso. Estos resultados son difíciles de explicar pero podrían deberse en parte a una mejor utilización de la fibra por parte de las codornices con respecto al pollo, tal como indican Vila et al. (1985). En condiciones normales el tiempo de tránsito del alimento por el tracto gastrointestinal es más reducido para la codorniz (1 a 1,5 h) que para otras aves (Vohra, 1971; Savory y Gentle, 1976a). Sin embargo, las codornices adaptan mejor su tracto digestivo al nivel de fibra de la dieta manteniendo constante el tiempo medio de retención del alimento independientemente del nivel de fibra del alimento (Savory y Gentle, 1976b). De hecho se ha observado un alargamiento del intestino y especialmente del ciego con dietas ricas en fibra (Andújar et al., 1976; Savory y Gentle, 1976b). En cualquier caso, se trata de trabajos antiguos por lo que sería de interés contar con información más actual al respecto.

En el cuadro 5 se ofrecen los valores de energía metabolizable aparente corregida en nitrógeno (EMAn) obtenidos para diversas materias primas en codornices japónicas de carne de 22 a 27 d de edad (Silva et al., 2003) y adultas en puesta (Sakurai, 1978; Furlan et al., 1998). En este cuadro también se ofrecen los valores de EMAn de estas mismas materias primas para pollos según las tablas de composición de alimentos españolas (FEDNA, 2003) y brasileñas (Rostagno et al., 2000). Asimismo, hemos calculado el contenido proporcional de EMAn de estas materias primas en relación con el maíz, tanto para codornices como para pollos. En general, las valoraciones energéticas de los ingredientes estudiados son similares en ambas especies. Cabe señalar que algunas diferencias pueden ser debidas a variaciones en la composición, el procesado y la calidad de las materias primas. Tal es el caso de los salvados de trigo, las harinas de pescado y los subproductos de matadero de aves, cuyos valores energéticos más bajos corresponden al mayor contenido en fibra para el salvado y al menor nivel proteico para las harinas animales. Para el haba de soja extrusionada, el valor para codornices en crecimiento obtenido por Silva et al. (2003) es menor que los recomendados para pollos broiler, lo cual

podría deberse en parte al tipo de procesado (tostado vs extrusionado) y en parte a la distinta composición química del haba original. Sin embargo, los valores energéticos obtenidos para la harina de soja 44% en codornices son algo superiores a los establecidos para pollos. En el caso del salvado de trigo, los valores energéticos obtenidos en codornices adultas (Sakurai, 1978; Furlan et al., 1998) son mayores a los recomendados para pollos broiler. Sin embargo, el valor energético del salvado obtenido por Silva et al. (2003) con codornices en crecimiento (22 a 27 d) es muy inferior al utilizado en pollos broiler (FEDNA, 2003; Rostagno et al., 2000), pero igual al establecido por FEDNA (2003) para pollitos jóvenes de menos de 20 d de edad (1.500 kcal EMAn/kg; 47% de la EMAn del maíz).

Cuadro 5- Valoración energética (kcal EMAn/kg) de ingredientes para codornices japónicas (Sakurai, 1978; Furlan et al., 1998; Silva et al., 2003) y pollos broiler (FEDNA, 2003; Rostagno et al., 2000)

Ingrediente	Codornices						Pollos			
	Sakurai 1978 ¹		Furlan et al. 1998 ¹		Silva et al. 2003 ²		FEDNA 2003		Rostagno et al. 2000	
	EMAn	% ³	EMAn	% ³	EMAn	% ³	EMAn	% ³	EMAn	% ³
Maíz	3.440	100	3.429	100	3.354	100	3.260	100	3.371	100
Sorgo	3.400	99					3.210	98	3.192	95
Harina soja 44%	2.610	76	2.592	76	2.456	73	2.180	67	2.266	67
Haba soja extrus.					3.084	92	3.570 ⁴	110	3.460	103
Salvado de trigo	2.490	72	2.399	70	1.593	47	1.850	57	1.888	56
Gluten meal maíz	3.610	105			3.992	119	3.615	111	3.775	112
Harina mandioca					3.378	101	2.800 ⁵	86	3.138	93
Harina algarroba					1.223 ⁶	36	1.100 ⁷	34	1.520	45
Harina de pescado	2.810 ⁸	82			2.453 ⁹	73	2.960 ⁸	91	2.671 ⁸	79
Harina de aves					2.791 ⁹	83	3.560 ¹⁰	109	2.934 ¹¹	87

¹Codornices japónicas adultas

²Codornices japónicas en crecimiento (22 a 27 d)

³% con respecto a la EMAn del maíz

⁴Valor de haba de soja cocida o extrusionada húmeda. EMAn desde 3.430 (soja tostada en seco) hasta 3.680 kcal/kg (soja extrusionada decorticada) según el tipo de proceso

⁵65% de almidón. EMAn desde 2.750 (62,6% de almidón) hasta 3.010 kcal/kg (70% de almidón)

⁶Farinha integral da vagem de algaroba

⁷Garrofa

⁸60% de proteína. EMAn en FEDNA (2003) desde 2.960 (60% de proteína) hasta 3.425 kcal/kg (72% de proteína)

⁹48% de proteína

¹⁰62% de proteína

¹¹58% de proteína

Mandal et al. (2005) compararon el valor energético de la harina de colza extraída por solvente y de la harina de girasol con y sin adición de un complejo enzimático a base de amilasas y polisacaridasas en gallos, gallinas de Guinea y codornices japónicas. Los valores de EMAn encontrados fueron similares para las tres especies (Cuadro 6). La adición del complejo enzimático mejoró un 6% el valor energético de la harina de girasol (1.558 vs 1.464 kcal EMAn/kg MS), pero no modificó el de la harina de colza. Estos resultados indican que los valores energéticos determinados con pollos para estos ingredientes proteicos son aplicables a codornices.

Cuadro 6- Valoración energética (kcal EMAn/kg MS) de diversas materias primas proteicas con y sin adición de enzimas (amilasas y polisacaridasas) en distintas especies avícolas (Mandal et al., 2005)

Especie	Harina de colza		Harina de girasol	
	Sin enzimas	Con enzimas	Sin enzimas	Con enzimas
Gallos	1.996	2.008	1.458	1.585
Gallinas Guinea	2.077	2.051	1.463	1.582
Codornices japónicas	2.096	2.072	1.472	1.508
Especies:				
Gallos	2.002		1.522	
Gallinas Guinea	2.064		1.523	
Codornices	2.084		1.490	
Probabilidad	NS		NS	
Enzimas:				
Sin enzimas	2.056		1.464	
Con enzimas	2.044		1.558	
Probabilidad	NS		0,06	
Error estándar media	21		25	
Especies x enzimas	NS		NS	

Shrivastav et al. (1990) estudiaron la eficacia de utilización de dietas basadas en distintos cereales para codornices de 7 a 35 d de edad. Para ello formularon piensos isoenergéticos e isoproteicos con maíz, arroz partido, trigo o mijo como cereal base. Los valores energéticos calculados para estos cereales fueron 3.409, 2.405, 3.045 y 2.693 kcal EM/kg, respectivamente. Estos autores observaron que las codornices alimentadas con dietas con arroz o trigo presentaron una productividad similar a las que consumieron las dietas de maíz. Sin embargo, la retención de energía y proteína y la grasa de la canal fueron mayores en las codornices alimentadas con arroz, seguidas de las alimentadas con maíz, mijo y trigo. Posiblemente la explicación de estas observaciones es que los autores subvaloraron la energía inicial del arroz al formular dietas isocalóricas.

Weber y Reid (1967) realizaron un experimento en codornices de 0 a 35 d de edad con

dietas con 25% de proteína y niveles energéticos bajos comprendidos entre 1.540 y 2.400 kcal EM/kg. Para elevar la energía del pienso fueron sustituyendo material inerte o arcilla por grasa animal de la dieta desde un 2 hasta un 15,8% de grasa añadida. La digestibilidad de la grasa varió entre el 83% en el caso de la dieta con menor nivel energético que incluía 2% de grasa animal y el 93,4% que correspondía a la dieta con 5,5% de grasa animal añadida (1.760 kcal EM/kg). La digestibilidad de la grasa en el pienso con 15,8% de grasa animal (2.400 kcal EM/kg) también fue alta (91%). Estos datos indican que las codornices tienen una gran capacidad para digerir grasas aun cuando estas sean saturadas.

Debido a la escasez de datos y en base a los resultados publicados en la literatura se recomienda utilizar en codornices las mismas tablas de composición de alimentos que se usan para la formulación práctica de piensos para pollos broiler.

3.2.- Necesidades energéticas

Las necesidades energéticas de las codornices son elevadas en comparación con otras especies avícolas como el pollo (Santomá, 1989). La codorniz es una especie de tamaño pequeño con elevada actividad metabólica y altas necesidades nutricionales durante la primera fase de vida. Se sacrifican a edades cercanas a la madurez sexual, lo que incide negativamente sobre los índices de conversión del pienso.

Silva et al. (2004a,b) han evaluado las necesidades diarias de EMAn para mantenimiento y crecimiento de codornices japónicas de 1 a 12 d y de 15 a 32 d de edad, ajustándose a las siguientes ecuaciones de regresión:

$$\begin{aligned} 1) \text{ EMAn (kcal/ave)} &= 77,07 \text{ PV}^{0,75} + 4,64 \text{ GMD} && (1 \text{ a } 12 \text{ d de edad}) \\ 2) \text{ EMAn (kcal/ave)} &= 91,48 \text{ PV}^{0,75} + 8,86 \text{ GMD} && (15 \text{ a } 32 \text{ d de edad}) \end{aligned}$$

donde PV es el peso vivo (kg) y GMD la ganancia media diaria (g). El mayor coeficiente que se aplica a la GMD en las aves de mayor edad (8,86 vs 4,64) se debe al mayor contenido en grasa de las aves adultas con respecto a las aves jóvenes. Marks (1993) observó que el contenido de grasa en la canal de codorniz japónica era muy reducido (en torno al 4% a 21 d), pero que aumentaba muy rápidamente a partir de 21 d de edad.

El NRC (1994) establece una concentración energética del pienso para codornices japónicas y Bobwhite en crecimiento de 2.900 y 2.800 kcal EMAn/kg, respectivamente. Dado que la codorniz Bobwhite se utiliza con fines cinegéticos, probablemente sea conveniente utilizar piensos de baja concentración energética durante el periodo de crecimiento a fin de prevenir engrasamientos excesivos. Sin embargo, para codornices japónicas Murakami et al. (1993a) obtuvieron mejores índices de conversión con dietas con 3.000 que con 2.800 kcal EM/kg de 1 a 42 d de edad. Oliveira et al. (2002a,b) testaron

niveles crecientes de energía (2.800, 3.000 y 3.200 kcal EM/kg) en las distintas fases de crecimiento de codornices japónicas y observaron que en ambos sexos los mejores resultados productivos se obtenían con 2.800 kcal EM/kg en inicio (1 a 16 d de vida) y 3200 kcal EM/kg en acabado (27 a 38 y de 38 a 49 d). Por otro lado, el INRA (1989) establece que la velocidad de crecimiento de las codornices japónicas se mantiene constante dentro de rangos de variación de energía de los piensos entre 2.600 y 3.200 kcal EM/kg. Asimismo, Wilson et al. (1977) no observaron diferencias en el peso vivo ni en el índice de mortalidad de codornices Bobwhite de 1 a 35 d de edad al utilizar un rango de energías comprendido entre 2.850 y 3.170 kcal EM/kg. Estos autores observaron que los índices de conversión mejoraron al aumentar la concentración energética de la dieta. Angulo et al. (1993) observaron que un aumento de la concentración energética del pienso (3.200 vs 3.000 kcal EM/kg) reducía el consumo y mejoraba la conversión del pienso, sin modificar los aumentos de peso vivo en codornices japónicas de 0 a 33 d de edad. Estos resultados indican que las codornices, al igual que otras aves, ajustan el consumo a fin de mantener constante la ingestión energética. Sin embargo, diversos trabajos en pollos y ponedoras (Wells, 1963; Morris, 1968; Pesti y Fletcher, 1983) indican que este ajuste no siempre es lineal, habiendo tendencia al sobreconsumo energético y la acumulación de grasa abdominal con niveles elevados de concentración energética del pienso. Probablemente las discrepancias entre especies puedan explicarse en base a la distinta edad de las aves o a la época diferente en la que se realizaron los ensayos.

En codornices japónicas en puesta Yamane et al. (1979, 1980) estiman que las necesidades energéticas diarias determinadas a temperaturas entre 18 y 22°C son de 70 kcal EM/ave. El INRA (1989) estima que estas necesidades son ligeramente inferiores y en torno a 65 kcal EM/ave, mientras que Larbier y Leclercq (1994b) indican necesidades energéticas algo superiores y en torno a 82 kcal EM/ave. El NRC (1994) recomienda una concentración energética de los piensos destinados a codornices reproductoras japónicas y Bobwhite de 2.900 y 2.800 kcal EMAn/kg, respectivamente. Belo et al. (2000) estudiaron cinco niveles crecientes de energía (2.600 a 3.000 kcal EM/kg, con incrementos de 100 kcal/kg) en dietas isoproteicas (19%) para codornices japónicas en puesta. Estos autores observaron que el aumento de la concentración energética del pienso no afectaba ni al consumo energético ni al índice de puesta, aunque detectaron una tendencia a mejorar el índice de conversión a medida que se incrementaba la EMAn. El peso del huevo y la mortalidad de las aves empeoraron al aumentar el nivel de energía, sin que los autores den explicación alguna de estos resultados. Asimismo, se incrementaba el porcentaje de cáscara de forma lineal y las unidades Haugh de forma cuadrática (máximo de 90,86 con 2.831 kcal/kg). Cabe destacar que el consumo energético diario medio de todos los tratamientos de este trabajo (56,5 kcal EMAn/ave) fue ligeramente inferior a lo esperado (Yamane et al., 1979, 1980; INRA, 1989; Larbier y Leclercq, 1994b). Pinto et al. (2002) probaron concentraciones energéticas de 2.850, 2.950 y 3.050 kcal EMAn/kg y obtuvieron los mejores parámetros productivos con niveles de energía de 2.850 kcal EMAn/kg. Los

consumos energéticos medios diarios en este trabajo oscilaron entre 77 (2.850 kcal EMAn/kg) y 79 kcal EMAn/ave (3.050 kcal EMAn/kg).

En condiciones prácticas, el rango de concentración energética más habitual en piensos para codornices es de 2.800 a 2.950 kcal EMAn/kg hasta las 2 ó 3 semanas de vida, entre 2.980 y 3.200 kcal EMAn/kg desde las 3 hasta las 5 ó 7 semanas de edad y entre 2.750 y 2.900 kcal EMAn/kg en reproductoras.

4.- PROTEÍNA

Las dietas de iniciación se caracterizan por su elevado contenido en proteína dado el rápido crecimiento en tejido magro de las de codornices en esta fase. Silva et al. (2004a,b) estiman las necesidades proteicas diarias de codornices japónicas para mantenimiento y crecimiento de 1 a 12 d y de 15 a 32 d de edad mediante las siguientes ecuaciones de regresión:

- 1) $PB \text{ (g/ave)} = 2,845 PV^{0,75} + 0,461 \text{ GMD}$ (1 a 12 d de edad)
- 2) $PB \text{ (g/ave)} = 4,752 PV^{0,75} + 0,865 \text{ GMD}$ (15 a 32 d de edad),

donde PB es el contenido en proteína bruta, PV el peso vivo (kg) y GMD la ganancia media diaria (g).

En el cuadro 7 se resumen trabajos de distintos investigadores sobre recomendaciones del nivel de proteína para crecimiento-cebo según edad y tipo de codorniz (japónica o Bobwhite), así como las recomendaciones de los propios autores de este trabajo.

Para la codorniz japónica las recomendaciones oscilan entre 24 y 27% de proteína bruta durante las primeras tres semanas de vida y entre 17 y 22% desde la tercera semana hasta sacrificio. Gran parte de la variabilidad aceptada es función del nivel energético de la dieta experimental (2.800 a 3.200 kcal EMAn/kg). Algunos de estos autores (Edwards, 1981; Murakami et al., 1993b; NRC, 1994; Oliveira et al., 2002b; Soares et al, 2003; Shim, 2004) proponen un nivel proteico único que varía entre 20 y 26% para todo el periodo productivo.

Cuadro 7.- Recomendaciones de proteína en dietas para codornices en crecimiento-cebo (diversos autores)

Codorniz	Edad días	EMAn kcal/kg	Proteína bruta %	Referencia
Japónica	0-35	2.068	23,3-24,6 ¹ 28-29 ²	Weber y Reid, 1967
	0-42	3.200	24	Edwards, 1981
	0-21 22-42	2.800-3.000	24 18-20	Shim y Vohra, 1984
	0-21 >21	3.000 3.000	24,6 19,3	INRA, 1989 ³
	0-42	3.000	20	Murakami et al., 1993 ^a
	0-14/21 21-42	3.200 3.200	25 20,5	Larbier y Leclercq, 1994 ^a
	0-Sacrificio	2.900	24	NRC, 1994
	0-21 22-35	2.830	26 21,6	Hyánková et al., 1997
	0-42 >42	2.900 2.900	28 17-18	Leeson y Summers, 1997, 2005
	0-27 28-38 0-49	2.800 3.200 2.800	26 18 24,7	Oliveira et al., 2002 ^a
	0-49	3.000	26 ⁴	Oliveira et al., 2002b
	7-35	2.900	23	Soares et al., 2003
	0-49	2.800	24	Shim, 2004
	0-5	2.700 2.800 2.900	22 22-23 24	Silva et al., 2004a,b
	0-21 >21	2.900 3.150	27 22	Autores, 2005
	Bobwhite	0-21	--	28
0-42		--	24,5-28	Baldini et al., 1953
0-42 >42		--	28 20-22	Andrews et al., 1973
0-42 >42		2.800 2.800	26 20	NRC, 1994

¹Nivel óptimo para aumento de peso²Nivel óptimo para índice de conversión³Proteína bruta: 23% (2.800 kcal EMAn/kg) y 26,3% (3.200 kcal EMAn/kg) de 0 a 21 d
18% (2.800 kcal EMAn/kg) y 20,6% (3.200 kcal EMAn/kg) a >21 d⁴Nivel óptimo para máximo crecimiento de machos

Kirkpinar y Oguz (1995) observaron que en codorniz japónica macho el contenido en proteína de la canal aumentaba y el de humedad y grasa disminuían a medida que se incrementaba el nivel proteico de la dieta desde el 16 al 30% (dietas con 2.800 kcal EMAn/kg). En este trabajo el contenido de grasa de la canal aumentó desde un 5% a los 35 d con la dieta que contenía un 28% de proteína hasta 9,8% con la dieta de 16% de proteína. Sin embargo, otros autores (Marks, 1971; Edwards, 1981) no han encontrado un efecto tan claro del nivel proteico en dietas isoenergéticas con niveles de proteína bruta que variaban entre un 15 y un 30% sobre el nivel de grasa de la canal de codornices japónicas. En cualquier caso, la codorniz es una especie avícola magra con un nivel de grasa en la canal inferior al del pato o el pollo. Farrell et al. (1982) encontraron niveles de grasa en la canal del 6% a los 35 d, resultados similares a los de Edwards (1981) que obtuvo valores medios en torno a 6,8 % a los 35 d, 8% a los 42 d y 10% a los 49 d. Marks (1993) encontró niveles de grasa del 4% a 21 d de edad, pero observó que esta proporción aumentaba muy rápidamente a partir de esta edad, llegando a valores del 8 a 10% a 35 d y de 10 a 14,5% a 42 d, dependiendo de la línea genética, muy superiores a los observados por los autores anteriores. Asimismo, Essary y Young (1977) compararon la composición de la piel de codorniz japónica, pollo broiler y pato, encontrando que el contenido en humedad era mayor y el de grasa menor para la codorniz que para las otras especies (Cuadro 8). Sin embargo, el perfil de aminoácidos de la piel fue similar en las tres especies, siendo los aminoácidos encontrados en mayor proporción el ácido glutámico y la glicina y en menor proporción la histidina, treonina, metionina, isoleucina, tirosina y fenilalanina.

Cuadro 8.- Composición (% sobre fresco) de la piel de pollo broiler, codorniz japónica y pato adultos (Essary y Young, 1977)

	Edad, sem	Humedad	Grasa	Proteína
Pollo	8	40,3	29,7	28,9
Codorniz	10	56,7	18,8	25,0
Pato	7	34,1	37,8	29,0

De todas las especies avícolas domésticas conocidas, la codorniz es la que presenta los mejores rendimientos productivos en puesta por unidad de peso vivo, llegando a alcanzar una relación masa de huevo exportado:peso vivo doble a la de la gallina ponedora (Larbier y Leclercq, 1994b). Las necesidades proteicas diarias estimadas de codornices japónicas reproductoras en puesta varían desde 3,5 hasta 6 g/ave. Así, Allen y Young (1980) estiman unas necesidades proteicas diarias de 3,5 g/ave; el INRA (1989) las estima en 4,5 g/ave, mientras que Yamane et al. (1979) encuentran unos valores óptimos de 5 g/ave y Pinto et al. (2002) de 6 g/ave. En el cuadro 9 se resumen las recomendaciones de proteína bruta propuestas por diversos investigadores y por los autores de este trabajo para codornices reproductoras en puesta. Para reproductoras japónicas las recomendaciones de proteína bruta oscilan entre 17 y 25% en función del nivel energético de la dieta (2.600 a

3.250 kcal EMAn/kg). En cualquier caso, no se considera deseable utilizar mínimos de proteína bruta en el pienso inferiores a 18-20% (en dietas con 2.800 kcal EMAn/kg) para evitar posibles reducciones de la productividad.

Cuadro 9.- Recomendaciones de proteína en dietas para codornices reproductoras en puesta (diversos autores)

Codorniz	EMAn kcal/kg	Proteína bruta %	Referencia
Japónica	2.600	20	Vohra, 1971
	--	25	Vohra y Roudybush, 1971
	2.700	20	Johri y Vohra, 1977
	3.150	24,5	Yamane et al., 1979
	3.250	17-20	Schwartz y Allen, 1981
	2.800	19,2	INRA, 1989 ¹
	3.000	18	Murakami et al. 1993b
	(82 kcal/d)	18-20	Larbier y Leclercq, 1994b
	2.900	20	NRC, 1994
	2.950	18-20	Leeson y Summers, 1997, 2005
	2.850	24	Artoni et al., 2001
	2.850	22,4-23,4	Pinto et al., 2002
	3.000	23	Ribeiro et al., 2003
	2.870	22-24 ²	Soares et al., 2003
	2.800	20	Shim, 2004
2.800	18-20	García et al., 2005	
2.750	20,5	Autores, 2005	
Bobwhite	2.673-2.935	18-21	Aboul-Ela et al., 1992
	2.800	24	NRC, 1994

¹Proteína bruta: 17,8% (2.600 kcal EMAn/kg) y 20,6% (3.000 kcal EMAn/kg)

²El nivel óptimo para producción de huevos y conversión del pienso fue del 22%. Sin embargo, el peso del huevo siguió aumentando hasta niveles de proteína del 24%.

En el cuadro 10 se resumen las recomendaciones en aminoácidos azufrados totales propuestas por distintos investigadores, incluidos los autores del trabajo para codornices en crecimiento-cebo según edad y tipo (japónica o Bobwhite). Las recomendaciones de azufrados para la codorniz japónica oscilan entre 0,75 y 1,10% dependiendo de la edad y nivel energético del pienso (2.750 a 3.200 kcal EMAn/kg). Niveles excesivamente bajos de aminoácidos azufrados en la dieta provocan emplumes deficientes. Sin embargo, llama la atención que, al contrario de lo que se observa en otras especies avícolas, niveles relativamente reducidos de aminoácidos azufrados no producen incidencias de nerviosismo y canibalismo en condiciones prácticas.

Cuadro 10.- Recomendaciones de aminoácidos azufrados totales en dietas para codornices en crecimiento-cebo (diversos autores)

Codorniz	Edad días	EMAn kcal/kg	Proteína bruta, %	Met %	Met + Cys %	Referencia
Japónica	0-21 22-35	2.800	27,0	0,48	0,75-0,85 0,75	Shrivastav y Panda, 1987
	0-21 >21	3.000 3.000	24,6 19,3	0,42 0,36	0,91 0,80	INRA, 1989 ¹
	0-Sacr.	2.750	23,5	0,47	--	Shim y Cheng, 1989a
	0- 14/21 21-42	3.200 3.200	25 20,5	-- --	0,95 0,85	Larbier y Leclercq, 1994a
	0-Sacr.	2.900	24	0,50	0,75	NRC, 1994
	0-42 >42	2.900 2.900	28 17-18	0,60 0,5-0,51	1,10 0,71-0,8	Leeson y Summers, 1997, 2005
	7-42	2.900	20	--	0,76 ²	Pinto et al., 2003b
	0-49	2.800	24	0,50	0,90	Shim, 2004
	0-21 >21	2.900 3.150	27 22	0,60 0,53	1,05 0,90	Autores, 2005
	Bobwhite	1-35	3.050	26	--	1,00
1-35		3.053	24-26	--	1,00	Serafin, 1982
0-42		2.800	26	--	1,00	NRC, 1994
>42		2.800	20	--	0,75	

¹Met: 0,39% (2.800 kcal EMAn/kg) y 0,45% (3.200 kcal EMAn/kg) de 0 a 21 d
0,34% (2.800 kcal EMAn/kg) y 0,38% (3.200 kcal EMAn/kg) a >21 d

Met+cys: 0,85% (2.800 kcal EMAn/kg) y 0,97% (3.200 kcal EMAn/kg) de 0 a 21 d
0,75% (2.800 kcal EMAn/kg) y 0,85% (3.200 kcal EMAn/kg) a >21 d

²Recomendaciones de Met +Cys en valores disponibles; se recomienda una relación Met+cys:Lys del 66%

En el cuadro 11 se resumen las recomendaciones en aminoácidos azufrados totales propuestas por distintos investigadores y por los autores del trabajo para codornices reproductoras en puesta. El nivel de aminoácidos azufrados recomendado para la reproductora japónica varía entre 0,61 y 0,87%, en función del nivel energético del pienso (2.600 a 3.150 kcal EMAn/kg). Los efectos del nivel de metionina sobre la productividad de codornices reproductoras en puesta no están del todo claros. Dabbert et al. (1996) han observado que la cantidad de albumen del huevo de codorniz se reduce al disminuir el nivel de metionina de la dieta de 0,47 a 0,30%. En embriones de pollo, la síntesis proteica

se reduce a medida que lo hace el nivel de albumen de los huevos de los que proceden (Muramatsu et al., 1990), con lo que la viabilidad y supervivencia de las futuras aves podría verse afectada. De ahí que podría ser conveniente no bajar de 0,36-0,40% el nivel de metionina en la dieta (2.800 kcal EMAn/kg).

Cuadro 11.- Recomendaciones de aminoácidos azufrados totales en dietas para codornices reproductoras en puesta (diversos autores)

Codorniz	EMAn kcal/kg	Proteína bruta %	Met %	Met + Cys %	Referencia
Japónica	3.150	>16	0,37	0,68 ¹	Allen y Young, 1980
	2.800	19,2	0,41	0,78	INRA, 1989 ²
	2.750	19,5	0,3-0,39 ³	0,62	Shim y Cheng, 1989b, 1990
	2.750	16	0,43	0,61	Shim y Lee, 1993
	2.900	20	0,45	0,70	NRC, 1994
	2.950	18-20	0,52-0,53	0,81-0,82	Leeson y Summers, 1997, 2005
	2.900	19	--	0,80 ⁴	Pinto et al., 2003a
	2.800	20	0,45	0,80	Shim, 2004
	2.800	18	--	0,70-0,87	García et al., 2005
	2.750	20,5	0,43	0,78	Autores, 2005
Bobwhite	--	18	0,30	0,64	Dabbert et al., 1996
	2.800	24	--	0,90	NRC, 1994

¹Relación met+cys:lys=79%

²Met: 0,38% (2.600 kcal EMAn/kg) y 0,44% (3.000 kcal EMAn/kg)

Met+cys: 0,72% (2.600 kcal EMAn/kg) y 0,84% (3.000 kcal EMAn/kg)

³Recomendación de mínimo de 0,29% de met disponible; 0,28% de cys (0,26% cys disponible)

⁴Recomendación de 0,73% de met+cys disponibles; 80% de met+cys:lys

En el cuadro 12 se resumen las recomendaciones del nivel de lisina total propuestas por distintos investigadores y por los autores del trabajo para crecimiento de codorniz japónica según edad. Las recomendaciones de lisina varían entre 1,10 y 1,60% para las primeras tres semanas de vida y entre 0,95 y 1,31% a partir de la tercera semana de edad, en función del nivel energético de la dieta (2.800 a 3.200 kcal EMAn/kg). Algunos autores (NRC, 1994; Pinto et al, 2003b; Shim, 2004) recomiendan un nivel de lisina único comprendido entre 1,20 y 1,30% para todo el periodo productivo en piensos con 2.800-2.900 kcal EMAn/kg. En cualquier caso, el nivel de lisina de la dieta dependerá de la línea considerada, siendo mayor (1,60 vs 1,45%) cuanto más pesada sea la línea genética.

Cuadro 12.- Recomendaciones de lisina total en dietas para codornices japónicas en crecimiento-cebo (diversos autores)

Edad días	EMAn kcal/kg	Proteína bruta %	Lys %	Referencia
1-21 22-35	2.800	24	1,10 0,95	Shim y Lee, 1984
0-21 >21	3.000 3.000	24,6 19,3	1,39 1,23	INRA, 1989 ¹
0-14/21 21-42	3.200 3.200	25 20,5	1,40 1,31	Larbier y Leclercq, 1994a
0-Sacrificio	2.900	24	1,30	NRC, 1994
0-42 >42	2.900 2.900	28 17-18	1,30-1,50 0,84-0,90	Leeson y Summers, 1997, 2005
7-42	2.900	20	1,15 ²	Pinto et al., 2003b
0-49	2.800	24	1,20	Shim, 2004
0-21 >21	2.900 3.150	27 22	1,60 1,30	Autores, 2005

¹Lys: 1,30% (2.800 kcal EMAn/kg) y 1,48% (3.200 kcal EMAn/kg) de 0 a 21 d
1,15% (2.800 kcal EMAn/kg) y 1,31% (3.200 kcal EMAn/kg) a > 21 d

²Recomendación en lys disponible

En el cuadro 13 se resumen las recomendaciones del nivel de lisina total propuestas por distintos investigadores y por los autores del trabajo para codornices reproductoras japónicas en puesta. Los niveles de lisina recomendados varían entre 0,86 a 1,27% en función del nivel energético de la dieta (2.600 a 3.150 kcal EMAn/kg).

La mayor parte de la información existente sobre necesidades en proteína y aminoácidos totales en codornices para engorde es antigua, por lo que posiblemente se subvaloran las necesidades de las líneas actuales. Además, la mayoría de los datos corresponden a aminoácidos totales, cuando los piensos deben formularse en base a aminoácidos disponibles. Por ello, ha de tenerse cuidado con las recomendaciones propuestas por estos autores, sobre todo cuando es importante tener en cuenta el efecto de la dieta sobre la calidad de la canal. En general, se estima que la digestibilidad de la proteína y de los aminoácidos en codornices está en torno al 85-94% según el tipo de ingredientes y nivel de aminoácidos sintéticos del pienso.

Las recomendaciones de proteína bruta y de aminoácidos esenciales propuestas para codornices de engorde y puesta por diversos centros de investigación y los autores de este trabajo se muestran en los cuadros 14 a 17.

Cuadro 13.- Recomendaciones de lisina total en dietas para codornices reproductoras japónicas en puesta (diversos autores)

EMAn kcal/kg	Proteína bruta %	Lys %	Referencia
3.150	>16	0,86	Allen y Young, 1980
2.800	19,2	1,10	INRA, 1989 ¹
2.750	16	1,00	Shim y Lee, 1985, 1993
(82 kcal/d)	18-20	1,05-1,2	Larbier y Leclercq, 1994b
2.900	20	1,00	NRC, 1994
2.950	18-20	0,80-0,85	Leeson y Summers, 1997, 2005
2.900	19	1,00 ²	Pinto et al., 2003a
2.900	19,5	1,27 ³	Pinto et al., 2003c
3.000	20	1,07	Ribeiro et al., 2003
3.000	23	1,15	
2.800	20	0.90	Shim, 2004
2.800	18-20	1,10	García et al., 2005
2.750	20,5	1,10	Autores, 2005

¹Lys: 1,02% (2.600 kcal EMAn/kg) y 1,18% (3.000 kcal EMAn/kg)

²Recomendación de 0,91 de lys disponible

³Recomendación de 1,12 de lys disponible

Las necesidades varían con la edad del ave, la concentración energética del pienso y el objetivo de producción (crecimiento, índice de conversión o calidad de la canal). En el cuadro 15 se muestran las recomendaciones del perfil de aminoácidos para inicio (proteína ideal) establecidas por distintos investigadores. La lisina, que prácticamente solo se utiliza para la formación de músculo, es el aminoácido de referencia y las necesidades del resto de aminoácidos esenciales se expresan en función de ella. La metionina es donador de grupos metilos e interviene en la síntesis de proteínas (incluidas enzimas). Además, es precursor de la cisteína, por lo que los requerimientos de ambos aminoácidos se suelen expresar conjuntamente. En condiciones prácticas se recomiendan valores en torno a 26-27% de proteína bruta, 1,58-1,61% de lisina y 1,04-1,07% de metionina más cisteína durante las dos o tres primeras semanas de vida en dietas con 2.900 kcal EMAn/kg. Desde esta edad hasta sacrificio se recomienda 21-22% de proteína bruta, 1,29-1,32% de lisina y 0,90-0,92% de metionina más cisteína en piensos con 3.150 kcal EMAn/kg. En reproductoras se suelen utilizar valores de 20-22% de proteína, 1,06-1,10% de lisina y 0,78% de metionina más cisteína para piensos con 2.750 kcal EM/kg.

Cuadro 14.- Recomendaciones nutricionales para codornices japónicas de 0 a 21 días.
(Centros de investigación y propias de los autores)

Nutriente, %	INRA 1989	Larbier y Leclercq 1994a ¹	NRC 1994	Leeson y Summers ²		Shim 2004 ³	Autores 2005 ⁴
				1997	2005		
EM, kcal/kg	3.000	3.200	2.900	2.900	2.900	2.800	2.900
Ac. linoleico			1,00				1,15
Proteína bruta	24,6	25,0	24,0	28,0	28,0	24,0	27,0
Lys	1,39	1,40	1,30	1,50	1,30	1,20	1,60
Met	0,42		0,50	0,60	0,60	0,50	0,60
Met+Cys	0,91	0,95	0,75	1,10	1,10	0,90	1,07
Thr	0,80	0,96	1,02	1,00	1,10	1,20	1,04
Trp	0,21	0,25	0,22	0,25	0,24	0,25	0,28
Arg	1,41	1,55	1,25	1,70		1,40	
Ile	0,72	1,00	0,98	1,10		1,10	
Val	1,00	1,11	0,95	1,10		1,10	
Calcio	0,90	0,95	0,80	1,30	1,30	0,80	1,05
Fósforo	0,70					0,8	0,66
Fósforo disp.	0,45	0,45	0,30	0,60	0,60	0,3	0,42
Sodio		0,15	0,15	0,18	0,18	0,12	0,19
Potasio			0,40			0,40	0,60
Cloro		0,12	0,14				0,15
Magnesio			0,03				

¹ 0 a 2 semanas

² 0 a 6 semanas

³ Climas cálidos

⁴ Recomendaciones de uso práctico

Cuadro 15.- Perfil de la proteína ideal recomendado en dietas de inicio para codorniz japónica (% Lys)

Referencia	Lys	Met	Met + Cys	Thr	Trp
INRA, 1989	1,39	30	65	58	15
Larbier y Leclercq, 1994a	1,40	--	68	69	18
NRC, 1994	1,30	38	58	78	17
Leeson y Summers, 1997	1,50	40	73	67	17
Shim, 2004	1,20	46	85	85	18
Leeson y Summers, 2005	1,30	42	75	100	21
Autores, 2005	1,60	38	67	65	18

**Cuadro 16.- Recomendaciones nutricionales para codornices japónicas de 21 días a sacrificio.
(Centros de investigación y propias de los autores)**

Nutriente, %	INRA 1989	Larbier y Leclercq 1994a	NRC 1994 ¹	Leeson y Summers ²		Shim 2004 ^{1,3}	Autores 2005 ⁴
				1997	2005		
EM, kcal/kg	3.000	3.200	2.900	2.900	2.900	2.800	3.150
Ac. linoleico			1,00				1,05
Proteína bruta	19,3	20,5	24,0	18,0	17,0	24,0	22,0
Lys	1,23	1,31	1,30	0,84	0,90	1,20	1,32
Met	0,36		0,50	0,50	0,51	0,50	0,53
Met+Cys	0,80	0,85	0,75	0,71	0,80	0,90	0,90
Thr	0,71	0,90	1,02	0,70	0,85	1,20	0,80
Trp	0,19	0,24	0,22	0,20	0,22	0,25	0,23
Arg	1,25	1,45	1,25	0,90		1,40	
Ile	0,63	0,94	0,98	0,72		1,10	
Val	0,89	1,03	0,95	0,71		1,10	
Calcio	0,90	0,95	0,80	1,00	1,10	0,80	1,00
Fósforo	0,65					0,8	0,60
Fósforo disp.	0,40	0,42	0,30	0,45	0,48	0,3	0,38
Sodio		0,15	0,15	0,18	0,18	0,12	0,16
Potasio			0,40			0,40	0,56
Cloro		0,12	0,14				0,14
Magnesio			0,03				

¹Mismas especificaciones que de 0 a 21 d.

²> 6 semanas.

³ Climas cálidos.

⁴Recomendaciones de uso práctico

5.- MACROMINERALES

Existe muy poca información en relación con las necesidades en macrominerales de las codornices y gran parte de la información disponible data de hace más de 30 años (NRC, 1994). Al igual que para otras aves, los tres macrominerales más importantes son el fósforo (P), el calcio (Ca) y el sodio (Na). Las necesidades de Ca y P establecidas por el NRC (1994) para codornices en crecimiento japónicas son 0,80 y 0,30%, respectivamente. En general, se recomienda mantener la relación Ca:P disponible en torno a 2:1 para evitar interacciones y favorecer el desarrollo y mantenimiento del tejido óseo. Miller (1967) testó diversas relaciones de Ca:P dentro del rango 0,7:1 a 2,9:1 en codornices japónicas de 1 a 42 d de edad. Para ello formuló dietas que variaban en el contenido de P total desde 0,59 hasta 1,18% y de Ca desde 0,44 hasta 2,3%, sin observar

diferencia alguna en cuanto a crecimiento o cenizas en hueso a 42 d de edad. Sin embargo, el emplume de la aves empeoraba a medida que la relación Ca:P aumentaba (>2:1). Consuegra y Anderson (1967) recomiendan niveles de 0,8% de Ca y de 0,3% de P disponible en piensos hasta las 2 semanas de edad y de 0,48% de Ca y 0,3% de P disponible de 2 a 4 semanas. Bisoi et al. (1980) observan que niveles de calcio de 0,7% y de P total de 0,5 a 0,6% (0,2 a 0,3% de P disponible) en piensos de 0 a 3 semanas de edad optimizan el crecimiento y el nivel de cenizas en hueso. Reddy et al. (1980) prueban niveles de Ca desde 0,5 a 1,1% y de P total desde 0,5 hasta 0,7% sin encontrar diferencias entre tratamientos ni en productividad de 21 a 35 d de edad, ni en cenizas en hueso a 35 d. Estos autores concluyen que posiblemente los requerimientos de Ca y P total a estas edades no superen 0,5% de la dieta (0,2% para el P disponible). Como cabe esperar, todos los autores concuerdan en que los requerimientos se reducen significativamente con la edad.

Cuadro 17.- Recomendaciones nutricionales para codornices japónicas reproductoras (Centros de investigación y propias de los autores)

Nutriente, %	INRA 1989	NRC 1994	Leeson y Summers		Shim 2004 ¹	Autores 2005 ²
			1997	2005		
EM, kcal/kg	2.800	2.900	2.950	2.950	2.800	2.750
Ac. linoleico		1,00				1,20
Proteína bruta	19,2	20,0	20,0	18,0	20,0	20,5
Lys	1,10	1,00	0,80	0,85	0,90	1,10
Met	0,41	0,45	0,53	0,52	0,45	0,45
Met+Cys	0,78	0,70	0,81	0,82	0,80	0,78
Thr	0,58	0,74	0,82	0,78	1,10	0,74
Trp	0,21	0,19	0,22	0,22	0,25	0,22
Arg		1,26	0,90		1,25	
Ile		0,90	1,30		1,00	
Val		0,92	1,00		1,00	
Calcio	3,20	2,50	3,00	3,10	2,50	3,15
Fósforo	0,65				0,8	0,66
Fósforo disp.	0,40	0,35	0,40	0,45	0,3	0,41
Sodio	0,15	0,15	0,18	0,18	0,12	0,17
Potasio		0,40			0,40	0,60
Cloro	0,14	0,14				0,15
Magnesio		0,05				

¹Climas cálidos

²Recomendaciones de uso práctico

El NRC (1994) establece unas necesidades de codornices Bobwhite en Ca y P disponible de 0,65 y 0,45% de 0 a 6 semanas y de 0,65 y 0,40% a partir de 6 semanas, respectivamente. Scott et al. (1958) prueban niveles de P total desde 0,5 hasta 1,1% (1,65% de Ca) en codornices de 0 a 6 semanas y desde 0,38 hasta 0,98% (1,45% de Ca) en codornices de 6 a 12 semanas, e indican que las necesidades de P total están en torno a 0,6% (0,45% P disponible) en inicio y en 0,48% (0,36% P disponible) en crecimiento. Niveles superiores no mejoraron ni el crecimiento ni el contenido de cenizas en tibia.

En codornices reproductoras japónicas o Bobwhite en puesta, el NRC (1994) recomienda niveles de Ca y P disponible de 2,50 y 0,35% y de 2,40 y 0,70%, respectivamente. Nelson et al. (1964) observaron que la producción de huevos mejoraba cuando se utilizaban niveles de Ca de 2,5 a 3% en relación con niveles de 1 a 2%. Sin embargo no encontraron apenas diferencias con niveles de P total entre 0,6 y 0,8%. En estos ensayos, los valores más altos de incubabilidad se registraron con piensos con 2,5-3% de Ca y 0,8% de P total. Sin embargo, Masukawa et al. (2001) no detectaron diferencias entre niveles de Ca desde 2 a 3,5% en incrementos del 0,5% ni en producción ni en calidad de huevo.

Rodehutschord y Dieckmann (2005) comparan la utilización del P del fosfato monocálcico en pollos, codornices, pavos y patos de 3 semanas de vida y encuentran que su disponibilidad era muy similar en codornices japónicas y en pollos. Los valores de utilización del P de la dieta basal con maíz, proteína de patata y proteína de huevo y sin P inorgánico añadido (0,29% de P total) fueron de 58, 55, 46 y 39% para pollos, codornices, patos y pavos, respectivamente. La eficacia máxima del P inorgánico añadido fue menor en pollos (74%) y codornices (77%) que en patos (96%) y pavos (81%). Estos datos indican posibles diferencias en cuanto a capacidad de solubilizar o de absorber las fuentes de P inorgánico o con respecto a los mecanismos de transporte del ión fosfato entre especies. En cualquier caso la codorniz y el pollo presentaron valores similares tanto de utilización del P vegetal como de eficacia máxima del P añadido en forma inorgánica.

Las necesidades de Na de las codornices son tanto más altas cuanto más joven es el ave y mayor es su crecimiento dado el gran desarrollo de los tejidos, que son ricos en Na a edades tempranas. En alimentación práctica, interesa un ligero exceso de Na en el pienso ya que la inclusión de sal tiende a aumentar el consumo, lo que favorece el desarrollo del tracto digestivo a estas edades. Desgraciadamente no hay mucha información sobre los requerimientos en Na de codornices, por lo que normalmente, y en base a estudios realizados en otras especies, se recomienda en torno a 0,25-0,30% de sal añadida (0,10 a 0,12% de Na adicional) (Gorrachategui, 1996; Oviedo Rondon et al., 1999). El NRC (1994) establece unas necesidades fijas en Na de 0,15% sin distinción de tipo de codorniz o edad. Asimismo, las estimaciones sobre necesidades de cloro (Cl) del NRC (1994) son

fijas para cada tipo de codorniz independientemente de la edad (0,14% para codornices japónicas y 0,11% para codornices Bobwhite).

Shim y Vohra (1984) recomiendan niveles de Na de 0,12% para codornices japónicas tanto en crecimiento como en puesta. Lumijarvi y Vohra (1976) probaron en codornices japónicas de 1 a 35 d alimentadas con dietas sintéticas niveles de Na desde 0 hasta 1,4% mediante la adición de sal. Niveles de Na inferiores a 0,05% redujeron drásticamente los crecimientos y provocaron elevada mortalidad. Según se elevó el nivel de Na desde 0,05 a 0,10%, el crecimiento aumentó pero no se lograron mejoras adicionales con niveles superiores. Oviedo Rondon et al. (1999) estudiaron niveles de Na desde 0,12 hasta 0,21% (incrementos del 0,03%) mediante la adición de sal (0,20 a 0,43%) a dietas de 10 a 22 semanas de edad para codornices japónicas en puesta. La producción de huevos y la conversión del pienso fueron óptimos con 0,18% de sodio, un valor superior al 0,15% propuesto por el NRC (1994). Darden y Marks (1985) estudiaron niveles de inclusión de sal desde 0 hasta 3,2% en dietas de codornices japónicas hasta los 49 ó 56 d de edad. Los niveles más altos de sal (1,6 y 3,2%) incrementaron la relación consumo de agua:consumo de pienso en mayor medida que en el caso de los pollos broiler (Marks y Washburn, 1983). De hecho, la inclusión de 3,2% de sal pero no la de 1,6% redujo la productividad de las codornices. Sin embargo, no hubo un efecto claro sobre la productividad entre los distintos niveles de sal hasta 1,6%.

Ingram et al. (1984) probaron niveles de Na desde 0,04 a 0,29% y de Cl desde 0,08 a 0,45% mediante la adición de sal (de 0,03 a 0,65%) en piensos de codornices Bobwhite de 0 a 35 d de edad. Estos autores indican que niveles de Na de 0,09% y de Cl de 0,15% (sal añadida hasta 0,15%) son insuficientes para un crecimiento y viabilidad óptimos de las codornices. Niveles superiores a 0,11% de Na y 0,18% de Cl (mínimo de sal añadida de 0,20%) dieron lugar a máxima productividad y mortalidad reducida. En base a estos resultados, los autores recomiendan un nivel mínimo de sal añadida de 0,15% y un nivel preferente de hasta 0,30% para optimizar los resultados productivos.

En los cuadros 14, 16 y 17 se muestran las necesidades en macrominerales de codornices de engorde y reproductoras propuestas por distintos investigadores, así como las recomendaciones propias de los autores. Cabe señalar que no hay información alguna sobre las necesidades de potasio, por lo que los valores recomendados se han extrapolado de otras especies.

6.- VITAMINAS Y MICROMINERALES

La información sobre necesidades de vitaminas y microminerales de las líneas actuales de codornices es prácticamente inexistente. Por ello, la mayoría de las

recomendaciones propuestas son las establecidas para otras especies como el pavo (INRA, 1989) o el faisán (Leeson y Summers, 1997, 2005). No obstante, conviene hacer hincapié que dado su rápido crecimiento inicial, la codorniz, al igual que el resto de las especies zootécnicas, presenta mayores necesidades en microelementos a edades jóvenes. Además, parece que la codorniz tiene unas necesidades particularmente elevadas de colina (INRA, 1989).

En los cuadros 18 a 20 se muestran las recomendaciones de vitaminas y microminerales para codornices de engorde según la edad y para reproductoras propuestas por distintos investigadores, así como las de los propios autores. Cabe resaltar que los fabricantes de vitaminas no dan recomendaciones de vitaminas y microminerales específicas para codornices.

6.1.- Vitaminas liposolubles

La recomendación del NRC (1994) de vitamina A para codornices japónicas en crecimiento es de 1.650 U.I., ligeramente superior a la que establece para pollos de cualquier edad. En reproductoras japónicas, el NRC (1994) recomienda 3.300 UI de vitamina A, valor también ligeramente superior al recomendado para reproductoras ligeras. Los niveles de máxima tolerancia son de 25.000 UI para la codorniz y de 15.000 UI para el pollo y el pavo en crecimiento (NRC, 1987).

Shellenberger y Lee (1966) estudiaron los niveles óptimos de vitamina A en dietas para codornices japónicas. Para ello utilizaron un rango de inclusión comprendido entre 0 y 4.400 UI. Estos autores observaron que niveles superiores a 550 UI no mejoraban el crecimiento de 0 a 8 semanas de edad y que la producción de huevos se estabilizó a partir de niveles de vitamina A de 1.650 UI. La incubabilidad aumentó hasta niveles de 3.300 UI. Fu et al. (2000) observaron que la utilización de 4 ppm de ácido retinoico (metabolito de la vitamina A) en dietas de codornices reproductoras japónicas, permitió un desarrollo del oviducto y ovario más rápido, un adelanto del inicio de la puesta en 5 d y una mayor producción de huevos con respecto a la inclusión de vitamina A como retinil acetato (5.000 ó 14.000 UI). Asimismo, Fu et al. (1997) también observaron un desarrollo testicular más rápido en machos de codorniz japónica suplementados con ácido retinoico con respecto a los suplementados con niveles equivalentes de vitamina A.

El NRC (1994) recomienda 750 UI de vitamina D₃ en piensos para codornices japónicas en crecimiento, valor entre tres y cuatro veces superior al recomendado para pollos de cualquier edad. En el caso de reproductoras japónicas, el NRC (1994) recomienda 900 UI de vitamina D₃, también tres veces por encima de las recomendaciones para reproductoras ligeras. Stevens y Blair (1985) compararon 0, 1.200, 12.000 y 120.000 UI de vitamina D₃ en dos tipos de codorniz japónica reproductora (tipo comercial de huevo

blanco y tipo salvaje) durante cuatro semanas. Las aves se sometieron a un periodo preexperimental previo de 4 semanas en el que no recibieron suplementación de vitamina D₃ alguna. El crecimiento de la progenie durante los primeros 35 d de vida fue menor cuando procedían de reproductoras que no habían sido suplementadas con vitamina D₃ que de reproductoras suplementadas. Sin embargo, estos autores no observaron efecto alguno del nivel de vitamina D₃ sobre el índice de puesta, el peso de los huevos o la incubabilidad de los mismos. La falta de respuesta de las codornices de puesta a la inclusión de vitamina D₃ es sorprendente y difícil de explicar. Una razón podría ser el bajo nivel de producción de las aves en este trabajo. Además, es posible que en este ensayo las codornices estuvieran más expuestas a los rayos ultravioleta de la luz solar, lo que minimizaría la necesidad de suplementación exógena de esta vitamina. Un resultado llamativo de este trabajo fue la tolerancia de esta especie a niveles elevados de vitamina D₃. De hecho, no se detectaron diferencias en productividad o en mortalidad en las reproductoras, ni tampoco en el crecimiento posterior de la progenie. El NRC (1987) establece un máximo de tolerancia para la vitamina D₃ en codornices japónicas precisamente de 120.000 UI para un tiempo de suplementación inferior a 60 d, valor muy superior a los establecidos para cualquier otra especie zootécnica. En cualquier caso, la legislación europea limita la inclusión de vitamina D₃ en piensos de codornices a 3.000 UI, mientras que en piensos para pollos o pavos el límite fijado es de 5.000 UI (DOUE, 2004).

Otros autores han observado un mayor efecto de la suplementación con vitamina D₃ sobre la producción de huevos. Así, Chang y McGinnis (1967) encontraron que la producción de huevos de 7 a 10 semanas de edad fue del 90% cuando el nivel de vitamina D₃ en el pienso era de 1.200 UI, mientras que la producción cesó cuando las aves recibieron un pienso sin vitamina D₃ añadida. De forma similar, Vohra et al. (1979) observaron un índice de puesta a las 28 semanas del 65% con piensos que incluían 1.500 UI de vitamina D₃ y de sólo el 22% con piensos sin suplementación. Cabe señalar el mayor nivel productivo de las codornices utilizadas en estos dos últimos trabajos en relación a las utilizadas por Stevens y Blair (1985). En este caso los valores medios de puesta fueron del 40% durante el periodo previo preexperimental en el que no se incluyó vitamina D₃ en el pienso y del 32% en el periodo experimental.

Las recomendaciones del NRC (1994) de vitamina E para codornices japónicas en crecimiento y reproducción son de 12 y 25 UI, respectivamente. Kling y Soares (1980) estudiaron los síntomas de la deficiencia de vitamina E en codornices japónicas alimentadas con piensos suplementados ampliamente con selenio (0,7 ppm de Se) pero con sólo 2 UI de DL- α -tocoferol acetato. A diferencia de otras especies avícolas, las codornices con deficiencia de vitamina E no presentaron síntomas de encefalomalacia o distrofia muscular durante las 35 semanas de prueba. Sin embargo, estos autores observaron que la deficiencia de vitamina E en presencia de abundante Se reducía el porcentaje de huevos fértiles y la incubabilidad. El nivel de tocoferol en plasma también se

redujo tanto en machos como en hembras. Price (1968) observó que los machos de codorniz japónica son mucho más sensibles a un déficit de vitamina E que las hembras. La ausencia de vitamina E en la dieta no afectó ni al peso vivo, ni al consumo, ni a la producción o el peso de huevos. Sin embargo, la fertilidad de los huevos procedentes de hembras fertilizadas por machos que consumieron una dieta sin vitamina E se redujo de forma importante durante la segunda semana de prueba y cesó a partir de la tercera semana. Este efecto negativo de la deficiencia de vitamina E en el pienso de los machos sobre la fertilidad de las hembras fue independiente del estatus de vitamina E del pienso consumido por las hembras. La esterilidad causada por la deficiencia de vitamina E en machos resultó temporal y reversible, ya que a las dos semanas de recibir los machos un pienso con vitamina E incluida se restablecieron los niveles de fertilidad.

El-Latif (1999) estudiaron la inclusión de vitamina E (25 ó 50 ppm) y Se (1 ó 2 ppm) en dietas de codornices japónicas de 6 a 27 semanas de edad y observaron que tanto la inclusión de vitamina E como la de Se mejoraban la producción, el peso, la fertilidad y la incubabilidad de los huevos, así como los índices de conversión del pienso. Los mejores resultados productivos se obtuvieron al incluir 1 ppm de Se y 25 ó 50 ppm de vitamina E en el pienso. Sahin et al. (2003a) observaron que la adición de 250 ppm de α -tocoferol acetato (ó 400 ppb de cromo) mejoró la productividad (ganancia de peso, producción de huevos y conversión del pienso) de codornices japónicas de 50 d de edad sometidas a estrés por baja temperatura (6°C durante 12 h/d). En este ensayo la inclusión de vitamina E y cromo de forma conjunta mejoró los resultados productivos con respecto a cada uno de los micronutrientes por separado. Asimismo, la dieta que incluía vitamina E y cromo proporcionó los valores más bajos de malondialdehído y los más altos de vitaminas de carácter antioxidante (vitaminas E y C) en suero.

6.2.- Vitaminas hidrosolubles

Las codornices destacan sobre el resto de especies avícolas por sus elevadas necesidades en colina. El NRC (1994) recomienda prácticamente el doble de esta vitamina en codornices japónicas en crecimiento (2.000 ppm) que en pollos. En codornices japónicas reproductoras las recomendaciones del NRC (1994) son de 1.500 ppm, valor también por encima del establecido para reproductoras ligeras. Al parecer, la capacidad de esta especie para cubrir sus necesidades en base a síntesis endógena es insuficiente, especialmente en aves muy jóvenes (INRA, 1989; Gorrachategui, 1996). Ketola y Young (1973) observaron que la codorniz japónica joven necesita aportes de colina extra en la dieta para lograr crecimientos óptimos y para la prevención de problemas de perosis. Sin embargo, estos autores indican que la codorniz es capaz de utilizar precursores y metabolitos de la colina de forma similar al pollito o al pavito joven. Serafin (1974) testó niveles de 0 a 2.500 ppm de colina, 0 a 5 ppm de riboflavina, 0 a 75 ppm de niacina y 0 a 30 ppm de ácido pantoténico en codornices Bobwhite de 1 a 35 d de edad. En base a sus

resultados estima que las necesidades en crecimiento son de 1.000 a 1.500 ppm para la colina, 3,8 ppm para la riboflavina, 31 ppm de niacina y 12,6 ppm de ácido pantoténico para crecimientos óptimos. Este autor observó que la incidencia de problemas de patas (arqueamiento de patas) aumentaba en las codornices que recibieron dietas deficientes en colina o riboflavina. Asimismo se detectaron problemas de rigidez muscular y mal emplume caracterizado por el acortamiento de las plumas en las codornices que consumieron dietas deficientes en niacina. Los únicos síntomas observados para la deficiencia en pantoténico fueron mal emplume y crecimientos deficientes.

Aparte del trabajo de Serafin (1974) comentado anteriormente, no existen muchos estudios sobre las necesidades en vitaminas del grupo B de las codornices. Las recomendaciones del NRC (1994) para codornices japónicas en crecimiento y para reproductoras se detallan en los cuadros 18 a 20. Wong et al. (1977) estudian las necesidades de ácido fólico de codornices japónicas hasta 28 d de edad, utilizando piensos con niveles de inclusión comprendidos entre 0,14 y 5,16 ppm. Estos autores indican que los requerimientos están en torno a 0,3-0,36 ppm. Niveles de ácido fólico inferiores a 0,3 ppm provocaron mal emplume, elevada mortalidad, debilidad de las patas con dedos curvados y parálisis cervical. Estos síntomas son similares a los observados en pavos jóvenes por otros autores (Russell et al., 1947). En ambas especies la deficiencia produce parálisis cervical que puede ser letal, mientras los síntomas de anemia característicos de otras especies son poco severos. En este trabajo los autores no detectaron parálisis cervical pero sí anemia severa en los pollos broiler que recibieron piensos deficientes en ácido fólico. Posiblemente en codornices y pavos una deficiencia en ácido fólico provoca mortalidad inmediata debido a la parálisis cervical, por lo que no llegan a desarrollar los síntomas de anemia clásicos de los pollos.

Cutler y Vohra (1977) estudiaron las necesidades de ácido pantoténico en codornices japónicas de 0 a 35 d de edad, utilizando un rango de inclusión de pantotenato cálcico de 0 a 30 ppm. Asimismo estudiaron las necesidades de las codornices adultas de 8 a 13 semanas de edad utilizando un rango de inclusión de 0 a 40 ppm. Estos autores observaron que niveles de 7,5 ppm de pantotenato cálcico prevenían la mortalidad y proporcionaban crecimientos óptimos, mientras que se necesitaban más de 10 ppm para lograr un emplume normal en codornices jóvenes. Para codornices adultas se necesitaron 15 ppm de pantotenato cálcico para conseguir niveles de fertilidad e incubabilidad óptimos. Los huevos procedentes de reproductores que recibieron dietas deficientes en ácido pantoténico presentaron alta mortalidad embrionaria al final del periodo de incubación, con embriones hemorrágicos, edematosos y con alta incidencia de patas torcidas con conformación deficiente.

Las necesidades de niacina de codornices han sido poco estudiadas. El NRC (1994) recomienda 40 y 20 ppm en codornices japónicas en crecimiento y reproductoras,

respectivamente. Park y Marquardt (1982) estudiaron los efectos de la inclusión de sulfaguanidina (una sulfamida) en piensos para codornices japónicas en crecimiento (1 a 8 semanas) y adultas en los que no se incluyó niacina. La adición del agente antibacteriano no indujo deficiencia de niacina en las codornices. Los resultados indican que es difícil inducir deficiencia en niacina, sobre todo en codornices adultas, incluso cuando se inhibe la síntesis de vitamina por la flora bacteriana. Posiblemente la síntesis de niacina a partir de los microorganismos del intestino grueso o del triptófano, o los mecanismos de ahorro y conservación de esta vitamina en las codornices sean muy efectivos.

Las aves pueden sintetizar ácido ascórbico, pero su capacidad de síntesis podría ser insuficiente bajo condiciones de estrés tales como temperaturas y humedades relativas elevadas, altos niveles de producción de huevos o infecciones severas (McDowell, 2000). Sahin et al. (2003b) observan que la adición de ácido ascórbico (y ácido fólico) mejora la capacidad de retención mineral (Ca, P, Zn, Cu, Fe y Cr) en codornices japónicas sometidas a estrés por altas temperaturas. Asimismo Sahin et al. (2004) observan que la adición de 250 ppm de ácido l-ascórbico mejora la productividad de codornices japónicas de 10 d de edad sometidas a estrés térmico (34°C durante 8 h/d). Wilson (1989) trabajando con codornices Bobwhite observó que la inclusión de 50 ó 500 ppm de ácido ascórbico en el agua de bebida durante la primera semana de vida reducía la mortalidad a 21 d de edad (7 vs 12%). El peso vivo no se vio afectado, pero la inclusión de altos niveles de ácido ascórbico mejoró el índice de conversión a 21 d. Por tanto, podría ocurrir que las vías metabólicas para sintetizar vitamina C están menos desarrolladas en las codornices que en los pollos, pero se precisa más trabajos a este particular.

6.3.- Oligoelementos

Apenas existe información sobre las necesidades de microminerales en codornices. Las recomendaciones del NRC (1994) para codornices japónicas en crecimiento y reproductoras se detallan en los cuadros 18 a 20. En general, los correctores de codornices incluyen los mismos microminerales que los de otras especies avícolas, presentando especial atención el zinc (Zn). El Zn es cofactor de muchas enzimas y se caracteriza por sus propiedades antioxidantes (Powell, 2000). Asimismo, es componente esencial de las enzimas DNA y RNA polimerasa y es preciso para la actividad normal de hormonas como insulina, glucagón, hormona del crecimiento y hormonas sexuales. Sahin et al. (2005) estudian el efecto de la inclusión de varios niveles y fuentes de Zn (0, 30 ó 60 ppm de Zn como sulfato monohidratado ó picolinato) en dietas para codornices japónicas en crecimiento expuestas a condiciones de termoneutralidad (22°C) o estrés térmico (34°C durante 8h/d). Estos autores observaron que la suplementación extra con Zn mejoró la productividad de 0 a 42 d de las codornices sometidas a estrés térmico. La inclusión de Zn mejoró el peso de la canal a los 42 d y el estatus antioxidante de las codornices, siendo el efecto más acusado al añadir el Zn como picolinato que como sulfato monohidratado.

Asimismo, Sahin y Kucuk (2003) estudiaron el efecto de la inclusión de Zn (0, 30 ó 60 ppm) como sulfato monohidratado en dietas de codornices japónicas en puesta de 52 d expuestas a condiciones de termoneutralidad (22°C) o estrés térmico (34°C) durante 3 semanas. La suplementación con Zn mejoró el consumo, la conversión, la producción y el peso y la calidad de los huevos, así como la digestibilidad de los nutrientes de la dieta en situaciones de estrés térmico. Además, al aumentar el nivel de Zn en la dieta las concentraciones de vitaminas E y C y de Zn en suero se incrementaron y la de malondialdehído se redujo, indicando una mejora del estatus antioxidante e inmunitario de las codornices. Al igual que en el resto de las aves, el cobalto (Co) no es necesario en esta especie ya que su única función conocida es la de formar parte de la cianocobalamina, reacción que no puede llevarse a cabo por carecer de los enzimas endógenos necesarios. Sólo en caso de codornices con acceso a sus heces podría tener sentido añadir pequeñas cantidades de Co al pienso (McDowell, 2000).

Cuadro 18.- Recomendaciones de vitaminas y microminerales para codornices japónicas de 0 a 21 días (Centros de investigación y datos propios de los autores)

	INRA 1989 ¹	NRC 1994	Leeson y Summers ²		Shim 2004 ³	Autores 2005 ⁴
			1997	2005		
Vit. A, mil UI	10	1,65	5	7	4	9-13
Vit, D3, mil UI	1,5	0,75	2,5	2,5	0,6	2,1-3,0
Vit, E, UI	20	12	25	40	40	20-30
Vit, K3, ppm	4	1	2	2	5	2-3
Vit, B1, ppm	2	2	2,5	1	2	2-2,5
Vit, B2, ppm	6	4	4	6	2	5-7
Vit, B6, ppm	2	3	5	3	2	3,5-5,2
Vit, B12, ppb	15	3	12	10	--	15-25
Ac. fólico, ppm	1,2	1	1	1	0,4	1-2
Niacina, ppm	60	40	60	40	40	60-90
Ac. pantot., ppm	10	10	12	5	40	15-20
Biotina, ppb	300	300	250	100	120	175-280 ⁵
Colina, ppm	800	2.000	1.000	200	3.500	350-460 ⁶
Fe, ppm	40	120	80	40	120	50-75
Cu, ppm	4	5	10	10	5	6-8
Zn, ppm	60	25	80	80	75	60-75
Mn, ppm	80	60	70	70	80	75-100
Co, ppm	0,2	--	--	--	--	0-0,1
Se, ppm	0,15	0,2	0,3	0,3	0,1	0,25-0,35
I, ppm	1	0,3	0,4	0,4	--	0,5-0,8

¹Recomiendan el mismo corrector que para inicio de pavos. ²Recomiendan el mismo corrector que para inicio de faisán. ³Climas cálidos. ⁴Rango de valores en alimentación práctica. ⁵Niveles superiores para dietas basadas en trigo. ⁶Añadida a mayores al pienso.

Cuadro 19.- Recomendaciones de vitaminas y microminerales para codornices japónicas de 21 días de edad a sacrificio. (Centros de investigación y datos propios de los autores)

	INRA 1989 ¹	NRC 1994 ²	Leeson y Summers ³		Shim 2004 ^{2,4}	Autores 2005 ⁵
			1997	2005		
Vit. A, mil UI	8	1,65	4	7	4	7-11
Vit, D3, mil UI	1,2	0,75	2,0	2,5	0,6	2,0-2,8
Vit, E, UI	15	12	15	40	40	15-25
Vit, K3, ppm	3	1	1,5	2	5	1,7-2,5
Vit, B1, ppm	1	2	2	1	2	1,5-2,2
Vit, B2, ppm	4	4	3	6	2	4-6
Vit, B6, ppm	0	3	4	3	2	3-5
Vit, B12, ppb	10	3	10	10	--	13-20
Ac. fólico, ppm	0,7	1	0,8	1	0,4	0,8-1,2
Niacina, ppm	40	40	40	40	40	55-80
Ac. pantot., ppm	5	10	9	5	40	12-16
Biotina, ppb	50	300	200	100	120	150-200 ⁶
Colina, ppm	800	2.000	750	200	3.500	300-450 ⁷
Fe, ppm	30	120	70	40	120	40-65
Cu, ppm	3	5	8	10	5	5-7
Zn, ppm	60	25	60	80	75	50-70
Mn, ppm	70	60	55	70	80	60-80
Co, ppm	0,2				--	0-0,1
Se, ppm	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2-0,3
I, ppm	0,7	0,3	0,4	0,4	--	0,4-0,6

¹Recomiendan el mismo corrector que para acabado de pavos, salvo el Zn que es 60 en vez de 40 ppm.

²Mismas recomendaciones que de 0 a 21 d

³Recomiendan el mismo corrector que para acabado de faisán.

⁴Climas cálidos

⁵Rango de valores en alimentación práctica

⁶Niveles superiores para dietas basadas en trigo

⁷Añadida a mayores al pienso

Cuadro 20.- Recomendaciones de vitaminas y microminerales para codornices japónicas reproductoras. (Centros de investigación y datos propios de los autores)

	INRA 1989 ¹	NRC 1994	Leeson y Summers ²		Shim 2004 ³	Autores 2005 ⁴
			1997	2005		
Vit. A, mil UI	10	3,3	5	7	4	10-15
Vit, D3, mil UI	1,5	0,9	2,5	2,5	0,6	2,5-3,0
Vit, E, UI	15	25	25	40	40	25-45
Vit, K3, ppm	4	1	2	2	5	2,4-3,5
Vit, B1, ppm	1	2	2,5	1	2	3-4,5
Vit, B2, ppm	6	4	4	6	4	6-9
Vit, B6, ppm	2	3	5	3	2	4-6
Vit, B12, ppb	10	3	12	10	--	15-25
Ac. fólico, ppm	1	1	1	1	0,5	1,2-2
Niacina, ppm	40	20	60	40	40	45-60
Ac. pantot., ppm	10	15	12	5	40	15-18
Biotina, ppb	150	150	250	100	400	150-250 ⁵
Colina, ppm	600	1.500	1.000	200	2.000	250-350 ⁶
Fe, ppm	40	60	80	40	120	50-70
Cu, ppm	3	5	10	10	5	5-8
Zn, ppm	50	50	80	80	75	60-80
Mn, ppm	60	60	70	70	80	75-100
Co, ppm	0,2				--	0-0,1
Se, ppm	0,15	0,2	0,3	0,3	0,1	0,25-0,35
I, ppm	0,8	0,3	0,4	0,4	--	0,7-1,0

¹Recomiendan el mismo corrector que para reproductoras de pavos.

²Recomiendan el mismo corrector que para reproductoras de faisán.

³Climas cálidos

⁴Rango de valores en alimentación práctica

⁵Niveles superiores para dietas basadas en trigo

⁶Añadida a mayores al pienso

7.- INGREDIENTES Y ADITIVOS

En general, los criterios de utilización de materias primas en formulación de codornices son muy parecidos a los aplicados en formulación de piensos para pollos. Únicamente cabe destacar la gran importancia de la calidad del gránulo y la migaja en los piensos para codornices, así como la limitación de la entrada de ciertos ingredientes de origen animal. La utilización de piensos de tipo “vegetal” en esta especie tiene el objetivo de dar una imagen comercial más natural que en otras especies avícolas. En general se trata

de una carne que se asocia con sistemas de producción más naturales pese a que su explotación es industrial.

7.1.- Materias primas energéticas

Los cereales son ingredientes básicos en dietas para codornices. El trigo es un cereal de elección en esta especie por sus características aglomerantes y la necesidad que muestran las codornices de una buena presentación del pienso. Los criterios de elección y niveles de uso son similares a los utilizados en formulación de pollos (FEDNA, 2003). En piensos basados en trigo o con altos niveles de cebada es deseable la utilización de enzimas específicas (xilanasas y β -glucanasas) a altas dosis. Desafortunadamente no existe registro alguno de enzimas en esta especie.

El maíz es un cereal de elección en piensos para avicultura. Dos problemas a controlar en el caso de la codorniz son su influencia negativa sobre la calidad de la miga y la presencia de contaminaciones fúngicas. Diversos autores indican que la codorniz es menos sensible a las aflatoxinas que otras especies avícolas como el pollo o el pavo (Prior et al., 1976; O'Brien et al., 1983). Arafa et al. (1981) observan que la codorniz es más resistente a las aflatoxinas que los pavos y patos jóvenes, pero menos que los pollos. Butkeraitis et al. (2004) detectaron una reducción del consumo de pienso, de la ganancia de peso y del peso de la cáscara del huevo de codornices japónicas al consumir piensos contaminados con 50 ppm o más de fumonisina B₁. Sin embargo, la presencia de esta micotoxina no provocó lesiones histopatológicas en hígado, riñones o corazón. Ogido et al. (2004) también observaron que niveles de 10 ppm de fumonisina B₁ o 50 ppb de aflatoxina B₁ redujeron el consumo y la producción de huevos en codornices japónicas. Asimismo, Oliveira et al. (2002c) indican que niveles superiores a 50 ppb de aflatoxina B₁ reducen el consumo y el peso del huevo. En este trabajo, una dosis de tan sólo 25 ppb de aflatoxina B₁ produjo lesiones histopatológicas en el hígado.

Las codornices utilizan bien las grasas, tanto de origen vegetal como animal. Por ello pueden utilizarse en los piensos desde aceites de soja y girasol hasta aceites de colza, palma, grasa de pollo, manteca o mezclas de grasas animales de buena calidad. En piensos de inicio son más recomendables los aceites vegetales poliinsaturados (aceites de soja o girasol) por su mayor digestibilidad. En cualquier caso, es frecuente en la práctica comercial incluir en los piensos aceites vegetales exclusivamente a cualquier edad para favorecer la aceptación de este tipo de carne por el consumidor.

En los últimos años se ha estudiado la relación entre la grasa de la dieta con el metabolismo del calcio y el desarrollo del hueso. Liu et al. (2003a,b) observaron que la inclusión de distintas grasas (aceite de soja, aceite de pescado y grasa de pollo) al 5% en las dietas de codornices japónicas reproductoras desde 1 hasta 7 meses de edad no influyó

en la productividad de las reproductoras ni de su progenie, pero sí modificó la composición de ácidos grasos del hueso de las aves. La utilización de aceite de pescado incrementó el contenido mineral de la tibia y su resistencia a la rotura tanto en las reproductoras como en su progenie, comparado con el aceite de soja y la grasa de pollo. Estos autores observaron que la concentración de ácido araquidónico en hueso, precursor de las prostaglandinas PGE₂, fue menor con aceite de pescado que con aceite de soja y grasa de pollo, lo cual podría explicar en parte el efecto positivo de la utilización de aceite de pescado sobre la mineralización del hueso. No obstante, este tipo de estudios están enfocados y tienen mayor aplicación en nutrición humana, mientras que su interés en alimentación práctica de codornices es limitado.

7.2.- Materias primas proteicas

La harina de soja es la fuente proteica de elección en piensos para codornices de cualquier edad, debido a su elevado contenido en aminoácidos muy digestibles. La soja integral es otro ingrediente de elección en alimentación de codornices y de aves en general, dado su elevado valor proteico y aporte de aceite de alta digestibilidad. Además, Onderci et al. (2004) han observado que la inclusión de 200 a 800 ppm de genisteína en piensos para codornices japónicas de 10 d de edad sometidas a estrés térmico (34°C durante 8 h/d) mejoraba no sólo la productividad, sino también los niveles de vitaminas A, E y C en suero. Como es sabido, el haba de soja procesado es rico en genisteína, un fitoestrógeno con características antioxidantes, lo que puede dar un valor añadido a esta materia prima.

Otras fuentes alternativas a la soja de uso en codornices son el guisante, la harina de colza procesada y la harina de girasol. Los niveles máximos de utilización recomendados son 3 a 8% para el guisante, 1,5 a 3% para la harina de colza y 3-5% para la harina de girasol, según la edad de la codorniz.

Las codornices aceptan bien las harinas de pescado de calidad. No obstante, la utilización de piensos “vegetales” a fin de buscar una imagen más natural en este tipo de producción hace que el uso de estas harinas no esté muy difundido.

7.3.- Aditivos

En la actualidad no existe ningún aditivo tipo coccidiostato, enzimas o microorganismos registrado en codornices, posiblemente debido a que la baja producción de piensos para esta especie no lo hace interesante desde un punto de vista económico. Únicamente se pueden utilizar productos que no necesiten registro tales como los aceites esenciales o extractos vegetales, que parecen controlar las enteritis producidas por clostridios, y los acidificantes que pueden utilizarse vía pienso o vía agua para el control de E. coli, Salmonella, hongos y otros microorganismos patógenos.

8.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se comentan los aspectos de mayor importancia en formulación de piensos para codornices de engorde y reproductoras y se presentan las recomendaciones nutricionales establecidas por distintos investigadores y por los propios autores del trabajo. Dada la escasez de estudios experimentales y las mínimas diferencias existentes en valoración energética de materias primas, se recomienda la utilización de las mismas tablas de composición de alimentos que se utilizan para pollos (NRC, 1994, INRA, 2002, FEDNA, 2003). La elevada sensibilidad de esta especie a las características de presentación del pienso y la utilización de piensos vegetales limitan a menudo la inclusión de ciertas materias primas ampliamente utilizadas en piensos para otras especies avícolas. Las recomendaciones de niveles de vitaminas y microminerales en piensos para codornices deben tomarse con precaución a falta de datos experimentales que muestren las necesidades reales en esta especie.

9.- REFERENCIAS

- ABOUL-ELA, S., WILSON, H.R. y HARMS, R.H. (1992) *Poult. Sci.* 71: 1196-1200.
- ALLEN, N.K. y YOUNG, R.J. (1980) *Poult. Sci.* 59: 2029-2037.
- ALMEIDA, M.I.M., OLIVEIRA, E.G., RAMOS, P.R., VEIGA, N. y DIAS, K. (2002) *Arch. Vet. Sci.* 7: 103-108.
- ANDREWS, T.L., HARMS, R.H. y WILSON, H.R. (1973) *Poult. Sci.* 52: 2199-2201.
- ANDÚJAR, M.N., NAVARRO, M.P. y VARELA, G. (1976) *Rev. Nutr. Anim.* 14: 195-203.
- ANGULO, E., BRUFAU, J., MIQUEL, A. y ESTEVE-GARCÍA, E. (1993) *Poult. Sci.* 72: 607-610.
- ARAFA, A.S., BLOOMER, R.J., WILSON, H.R., SIMPSON, C.F. y HARMS, R.H. (1981) *Br. Poult. Sci.* 22: 431-436.
- ARTONI, S.M.B., CARNEIRO, A.P.M., GIACOMINI, G., MORAES, V.M.B., ARAÚJO, C.S.S. y ARAÚJO, L.F. (2001) *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 3: 225-231.
- BALDINI, J.T., ROBERTS, R.E. y KIRKPATRICK, C.M. (1950) *Poult. Sci.* 29: 161-166.
- BALDINI, J.T., ROBERTS, R.E. y KIRKPATRICK, C.M. (1953) *Poult. Sci.* 32: 945-949.
- BEGIN, J.J. (1968) *Poult. Sci.* 47: 1278-1281.
- BELO, M.T.S., COTTA, J.T.B. y OLIVEIRA, A.I.G. (2000) *Ciênc. Agrotec.* 24: 782-793.
- BISOI, P.K., PANDA, B., REDDY, V.R. y SINGH, R. (1980) *Indian J. Anim. Sci.* 50: 357-361.
- BUTKERAITIS, P., OLIVEIRA, C.A.F., LEDOUX, D.R., OGIDO, R., ALBUQUERQUE, R., ROSMANINHO, J.F. y ROTTINGHAUS, G.E. (2004) *Br. Poult. Sci.* 45: 798-801.
- CHANG, S.I. y MCGINNIS, J. (1967) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 124: 1131-1135.

- CONSUEGRA, P.F.U. y ANDERSON, D.L. (1967) *Poult. Sci.* 46: 1247.
- CORLESS, A.B. y SELL, J.L. (1999) *Poult. Sci.* 78: 1158-1169.
- CUTLER, B.A. y VOHRA, P. (1977) *Poult. Sci.* 56: 1707.
- DABBERT, C.B., LOCHMILLER, R.L., WALDROUP, P.W. y TEETER, R.G. (1996) *Poult. Sci.* 75: 991-997.
- DARDEN, J.R. y MARKS, H.L. (1985) *Poult. Sci.* 64: 1269-1278.
- DOUE (2004) Lista de los aditivos autorizados en los piensos. Directiva 70/524/CEE del Consejo sobre los aditivos en alimentación animal. Diario Oficial de la Unión Europea. 2004/C 50. 144 pp.
- DU PREEZ, J.J. y SALES, J. (1997) *Br. Poult. Sci.* 38: 314-315.
- EDWARDS, H.M. Jr. (1981) *Poult. Sci.* 60: 2506-2512.
- EL-LATIF, S.A.A. (1999) *Egyptian J. Nutr. Feed* 2: 711-718.
- ESSARY, E.O. y YOUNG, R.W. (1977) *Poult. Sci.* 56: 1605-1608.
- FARRELL, D.J., ATMAMIHARDJA, S.I. y PYM, R.A. (1982) *Br. Poult. Sci.* 23: 375-382.
- FEDNA (2003) *Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos*. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal (2ª Ed.). Madrid. 423 pp.
- FU, Z.W., OHARA, S., KATO, H., SUGAHARA, K. y KUBO, T. (1997) *Anim. Sci. Technol. (Jpn)* 68: 420-422.
- FU, Z.W., KATO, H., SUGAHARA, K. y KUBO, T. (2000) *Biol. Reprod.* 63: 1795-1800.
- FURLAN, A.C., ANDREOTTI, M.O. y MURAKAMI, A.E. (1998) *R. Bras. Zootec.* 27: 1147-1150.
- GARCÍA, E.A., MENDES, A.A., PIZZOLANTE, C.C., SALDANHA, E.S.P.B., MOREIRA, J., MORI, C. y PAVAN, A.C. (2005) *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 7: 11-18.
- GORRACHATEGUI, M. (1996) En: *XII Curso de especialización FEDNA. Avances en nutrición y alimentación animal*. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal (Ed.). Madrid. pp. 161-198.
- HYÁNKOVÁ, L., DĚDKOVÁ, L., KNÍŽETOVÁ, H. y KLECKER, D. (1997) *Br. Poult. Sci.* 38: 564-570.
- INGRAM, D.R., WILSON, H.R., NESBETH, W.G., BEANE, B.L. y DOUGLAS, C.R. (1984) *Poult. Sci.* 63: 1837-1840.
- INRA (1989) En: *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. 2ª ed. INRA, París, Cedex, Francia. pp. 137-140.
- INRA (2002) *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. Institut National de la Recherche Agronomique, INRA Editions. Versailles cedex, Francia. 304 pp.
- JOHRI, T.S. y VOHRA, P. (1977) *Poult. Sci.* 56: 350-353.
- KETOLA, H.G. y YOUNG, R.J. (1973) *Poult. Sci.* 52: 2362-2363.
- KILBURN, J. y EDWARDS, H.M. Jr. (2001) *Br. Poult. Sci.* 42: 484-492.
- KILBURN, J. y EDWARDS, H.M. Jr. (2004) *Poult. Sci.* 83: 428-432.

- KIRKPINAR, F. y OGUZ, I. (1995) *Br. Poult. Sci.* 36: 605-610.
- KLING, L.J. y SOARES, J.H. Jr. (1980) *Poult. Sci.* 59: 2352-2354.
- LARBIER, M. y LECLERCQ, B. (1994a) En: *Nutrition and feeding of poultry*. J. Wiseman (Ed.). Nottingham University Press, Loughborough. pp. 147-168.
- LARBIER, M. y LECLERCQ, B. (1994b) En: *Nutrition and feeding of poultry*. J. Wiseman (Ed.). Nottingham University Press, Loughborough. pp. 199-221.
- LEANDRO, N.S.M., STRINGHINI, J.H., CAFÉ, M.B., ORSINE, G.F. y ROCHA, A.C. (2001) *R. Bras. Zootec.* 30: 1266-1271.
- LEESON, S. y SUMMERS, J.D. (1997) En: *Commercial Poultry Nutrition*. 2ª ed. S. Leeson y J.D. Summers (Eds.). University Books. Guelph. Ontario. Canadá. pp. 341-350
- LEESON, S. y SUMMERS, J.D. (2005) En: *Commercial Poultry Nutrition*. 3ª ed. S. Leeson y J.D. Summers (Eds.). University Books. Guelph. Ontario. Canadá. pp. 385-394.
- LIU, D., VEIT, H.P., WILSON, J.H. y DENBOW, D.M. (2003a) *Poult. Sci.* 82: 831-839.
- LIU, D., VEIT, H.P., WILSON, J.H. y DENBOW, D.M. (2003b) *Poult. Sci.* 82: 463-473.
- LUMIJARVI, D.H. y VOHRA, P. (1976) *Poult. Sci.* 55: 1410-1414.
- MANDAL, A.B., ELANGOVA, A.V., TYAGI, PRAMOD K., TYAGI, PRAVEEN K., JOHRI, A.K. y KAUR, S. (2005) *Br. Poult. Sci.* 46: 75-79.
- MAPA (2004) *Estudio de caracterización de la avicultura de carne alternativa en España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 287 pp.
- MARKS, H.L. (1971) *Poult. Sci.* 50: 1753-1761.
- MARKS, H.L. (1993) *Poult. Sci.* 72: 1005-1011.
- MARKS, H.L. y WASHBURN, K.W. (1983) *Poult. Sci.* 62: 263-272.
- MASUKAWA, Y., FERNANDES, E.B., MORAES, V.M.B., ARIKI, J. y BRUNO, L.D.G. (2001) *Ars Vet.* 17: 144-148.
- MCDOWELL, L. R. 2000. En: *Vitamins in Animal and Human Nutrition*. (2ª Ed). Iowa State University Press. Iowa, EE.UU. 793 pp.
- MILLER, B.F. (1967) *Poult. Sci.* 46: 686-692.
- MINVIELLE, F. (2004) *World's Poult. Sci. J.* 60: 500-507.
- MORAN, Jr., E.T. (1985) *J. Nutr.* 115: 665-674.
- MORAN, Jr., E.T. (1990) *Poult. Sci.* 69: 1718-1723.
- MORRIS, T.R. (1968) *Br. Poult. Sci.* 9: 285-295.
- MURAKAMI, A. E., MORAES, V. M. B., ARIKI, J., JUNQUEIRA, O. M. y KRONKA, S. N. (1993a) *R. Bras. Zootec.* 22: 534-540.
- MURAKAMI, A. E., MORAES, V. M. B., ARIKI, J., JUNQUEIRA, O. M. y KRONKA, S. N. (1993b) *R. Bras. Zootec.* 22: 541-551.
- MURAMATSU, T., HIRAMOTO, K., KOSHI, N., OKUMURA, J., MIYOSHI, S. y MITSUMOTO, T. (1990) *Br. Poult. Sci.* 31: 101-106.
- NELSON, F.E., LAUBER, J.K. y MIROSH, L. (1964) *Poult. Sci.* 43: 1346.
- NIR, I., HILLEL, R., SHEFET, G. y NITSAN, Z. (1994a) *Poult. Sci.* 73: 781-791.

- NIR, I., SHEFET, G. y AARONI, Y. (1994b) *Poult. Sci.* 73: 45-49.
- NIR, I., HILLEL, R., PTICHI, I. y SHEFET, G. (1995) *Poult. Sci.* 74: 771-783.
- NOY, Y. y SKLAN, D. (1999) *J. Appl. Poult. Res.* 8: 16-24.
- NRC (1987) En: *Vitamin tolerance of animals*. National Research Council. National Academic Press. Washington D.C., EE.UU. pp. 20.
- NRC (1994) En: *Nutrient Requirements of Poultry*. 8th rev. ed. National Research Council. National Academic Press. Washington D.C., EE.UU. pp. 44-45.
- O'BRIEN, K., MOSS, E., JUDAH, D. y NEAL, G. (1983) *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 114: 813-821.
- OGIDO, R., OLIVEIRA, C.A.F., LEDOUX, D.R., ROTTINGHAUS, G.E., CORRÊA, B., BUTKERAITIS, P., REIS, T.A., GONÇALES, E. y ALBUQUERQUE, R. (2004) *Poult. Sci.* 83: 1953-1958.
- OLIVEIRA, C.A.F., ROSMANINHO, J.F., BUTKERAITIS, P., CORRÊA, B., REIS, T.A., GUERRA, J.L., ALBUQUERQUE, R. y MORO, M.E.G. (2002c) *Poult. Sci.* 81: 976-980.
- OLIVEIRA, N.T.E., SILVA, M.A, SOARES, R.T.R.N., FONSECA, J.B. y THIEBAUT, J.T.L. (2002a) *R. Bras. Zootec.* 31: 675-686.
- OLIVEIRA, N.T.E., SILVA, M.A, SOARES, R.T.R.N., FONSECA, J.B. THIEBAUT, J.T.L., FRIDRICH, A.B., DUARTE, R.G. y TEIXEIRA, L.V. (2002b) *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 54: 196-203.
- ONDERCI, M., SAHIN, K., SAHIN, N., GURSU, M.F., DOERGE, D., SARKAR, F.H. y KUCUK, O. (2004) *Arch. Anim. Nutr.* 58: 463-471.
- OVIEDO RONDON, E.O., MURAKAMI, A.E., MORAES, E.R.G., OLIVEIRA, P.B., FURLAN, A.C. y MOREIRA, I. (1999) *Braz. J. Poult. Sci.* 1: 73-76.
- PARK, I.K. y MARQUARDT, R.R. (1982) *Poult. Sci.* 61: 1329-1334.
- PERON, A., BASTIANELLI, D., OURY, F.X., GOMEZ, J. y CARRE, B. (2005) *Br. Poult. Sci.* 46: 223-230.
- PESTI, G.M. y FLETCHER, D.L. (1983) *Br. Poult. Sci.* 24: 91-99.
- PINTO, R., FERREIRA, A.S., ALBINO, L.F.T., GOMES, P.C. y VARGAS, J.G. Jr. (2002) *R. Bras. Zootec.* 31: 1761-1770.
- PINTO, R., DONZELE, J.L., FERREIRA, A.S., ALBINO, L.F.T., SOARES, R.T.R.N., SILVA, M.A. y PEREIRA, T.A. (2003a) *R. Bras. Zootec.* 32: 1166-1173.
- PINTO, R., FERREIRA, A.S., DONZELE, J.L., ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A., SOARES, R.T.R.N. y PEREIRA, C.A. (2003b) *R. Bras. Zootec.* 32: 1174-1181.
- PINTO, R., FERREIRA, A.S., DONZELE, J.L., SILVA, M.A., SOARES, R.T.R.N., CUSTÓDIO, G.S. y PENA, K.S. (2003c) *R. Bras. Zootec.* 32: 1182-1189.
- POWELL, S.R. (2000) *J. Nutr.* 130: 1447S-1454S.
- PRICE, F. (1968) *Poult. Sci.* 47: 1037-1038.
- PRIOR, M.G., SISODIA, C.S. y O'NEIL, J.B. (1976) *Poult. Sci.* 55: 786-790.
- REDDY, V.R., SHRIVASTAV, A.K. y SADAGOPAN, V.R. (1980) *Br. Poult. Sci.* 21: 385-387.

- RIBEIRO, M.L.G., SILVA, J.H.V., DANTAS, M.O., COSTA, F.G.P., OLIVEIRA, S.F., JORDÃO, FILHO J. y SILVA, E.L. (2003) *R. Bras. Zootec.* 32: 156-161.
- RODEHUTSCORD, M. y DIECKMANN, A. (2005) *Poult. Sci.* 84: 1252-1260.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F. y LOPES, D.C. (2000) En: *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Universidade Federal de Viçosa. 141 pp.
- RUSSELL, W.C., TAYLOR, M.W. y DERBY, J.V. (1947) *J. Nutr.* 34: 621-632.
- SAHIN, K. y KUCUK, O. (2003) *J. Nutr.* 133: 2808-2811.
- SAHIN, K., ONDERCI, M., SAHIN, N., GURSU, M.F. y KÜCÜK, O. (2003b) *J. Nutr.* 133: 1882-1886.
- SAHIN, N., SAHIN, K., ONDERCI, M., OZCELIK, M. y SMITH, M.O. (2003a) *Arch. Anim. Nutr.* 57: 207-215.
- SAHIN, N., ONDERCI, M., SAHIN, K., GURSU, M.F. y SMITH, M.O. (2004) *Br. Poult. Sci.* 45: 116-122.
- SAHIN, K., SMITH, M.O., ONDERCI, M., SAHIN, N., GURSU, M.F. y KUCUK, O. (2005) *Poult. Sci.* 84: 882-887.
- SAKURAI, H. (1978) *Jpn Poult. Sci.* 15: 138-141.
- SANTOMÁ, G. (1989) En: *Proceedings of the 7th European Symposium on Poultry Nutrition*. IRTA. Barcelona. pp. 179-197.
- SAVORY, C.J. y GENTLE, M.J. (1976a) *Br. Poult. Sci.* 17: 561-570.
- SAVORY, C.J. y GENTLE, M.J. (1976b) *Br. Poult. Sci.* 17: 571-580.
- SCHWARTZ, R.W. y ALLEN, N.K. (1981) *Poult. Sci.* 60: 342-348.
- SCOTT, M.L., HOLM, E.R. y REYNOLDS, R.E. (1958) *Poult. Sci.* 37: 1425-1428.
- SERAFIN, J.A. (1974) *Poult. Sci.* 53: 1522-1532.
- SERAFIN, J.A. (1977) *Poult. Sci.* 56: 577-585.
- SERAFIN, J.A. (1982) *Poult. Sci.* 61: 988-990.
- SHELLENBERGER, T.E. y LEE, J.M. (1966) *Poult. Sci.* 45: 708-713.
- SHIM, K.F. (2004) The nutrition and management of japaanise quail in the Tropics. <http://www.shaywood.com/quail/coturnix/coturn4.htm>
- SHIM, K.F. y LEE, T.K. (1984) *Singapore J. Prim. Ind.* 12: 1
- SHIM, K.F. y VOHRA, P. (1984) *World's Poult. Sci. J.* 40: 261-274.
- SHIM, K.F. y LEE, T.K. (1985) *Singapore J. Prim. Ind.* 13: 32-37
- SHIM, K.F. y CHENG, E.V. (1989a) *Nutr. Rep. Int.* 39: 823-832.
- SHIM, K.F. y CHENG, E.V. (1989b) *Nutr. Rep. Int.* 39: 1003-1010.
- SHIM, K.F. y CHENG, E.V. (1990) *Br. Poult. Sci.* 31: 273-282.
- SHIM, K.F. y LEE, T.K. (1993) *Singapore J. Prim. Ind.* 21: 72-75
- SHRIVASTAV, A.K. y PANDA, B. (1987) *Indian J. Anim. Sci.* 57: 1303-1305.
- SHRIVASTAV, A.K., PANDA, B. y DARSHAN, U. (1990) *Indian J. Anim. Sci.* 60: 720-724.

- SILVA, J.H.V., SILVA, M.B., SILVA, E.L., JORDÃO, FILHO J., RIBEIRO, M.L.G., COSTA, F.G.P. y DUTRA, W.M. Jr. (2003) *R. Bras. Zootec.* 32: 1912-1918.
- SILVA, J.H.V., SILVA, M.B., JORDÃO FILHO, J., SILVA, E.L., ANDRADE, I.S., MELO, D.A., RIBEIRO, M.L.G., ROCHA, M.R.F., COSTA, F.G.P. y DUTRA, W.M. Jr. (2004a) *R. Bras. Zootec.* 33: 1209-1219.
- SILVA, J.H.V., SILVA, M.B., JORDÃO FILHO, J., SILVA, E.L., ANDRADE, I.S., MELO, D.A., RIBEIRO, M.L.G., ROCHA, M.R.F., COSTA, F.G.P. y DUTRA, W.M. Jr. (2004b) *R. Bras. Zootec.* 33: 1220-1230.
- SOARES, R.T.R.N., FONSECA, J.B., SANTOS, A.S.O. y MERCANDANTE, M.B. (2003) *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 5: 153-156.
- STEVENS, V.I. y BLAIR, R. (1985) *Poult. Sci.* 64: 510-519.
- UNI, Z., GANOT, S. y SKLAN, D. (1998) *Poult. Sci.* 77: 75-82.
- VILA, L.E., CLARET, J.M., VERDE-LÓPEZ, F.J. (1985) *Avances en Alimentación y Mejora Animal* 26: 187-191.
- VOHRA, P. (1971) *World's Poult. Sci. J.* 27: 26-35.
- VOHRA, P. y ROUDYBUSH, T. (1971) *Poult. Sci.* 50: 1081-1084.
- VOHRA, P., SIOPEL, T.D. y WILSON, W.O. (1979) *Poult. Sci.* 58: 432-440.
- WAKASUGI, N. (1984) En: *Evolution of domesticated animals*. I.L. Mason (Ed.). Longman Inc. Nueva York. Estados Unidos. pp. 319-321.
- WEBER, C.W. y REID, B.L. (1967) *Poult. Sci.* 46: 1190-1194.
- WELLS, R.G. (1963) *Br. Poult. Sci.* 4: 161-168.
- WILSON, H.R. (1989) *Poult. Sci.* 68: 1418-1420.
- WILSON, H.R. y NESBETH, W.G. (1980) *Poult. Sci.* 59: 932-934.
- WILSON, H.R. y DUGAN, V.P. (1987) *Poult. Sci.* 66: 1594-1599.
- WILSON, W.O., ABBOTT, U.K. y ABPLANALP, H. (1961) *Poult. Sci.* 40: 651-657.
- WILSON, H.R., DOUGLAS, C.R. y NESBETH, W.G. (1977) *Poult. Sci.* 56: 1127-1129.
- WONG, P.C.K., VOHRA, P. y KRATZER, F.H. (1977) *Poult. Sci.* 56: 1852-1860.
- YAMANE, T., ONO, K. y TANAKA, T. (1979) *Br. Poult. Sci.* 20: 379-383.
- YAMANE, T., ONO, K. y TANAKA, T. (1980) *Br. Poult. Sci.* 21: 451-455.