

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN DE PAVOS DE ENGORDE

R. Lázaro, G.G. Mateos y M.A. Latorre
Departamento de Producción Animal
Universidad Politécnica de Madrid

1.- INTRODUCCIÓN

La industria de producción de pavos ha crecido de forma constante en los países desarrollados en los últimos 20 años, siendo Israel, Estados Unidos y Canadá los principales consumidores a nivel mundial. Dentro de la UE-15 destaca la producción en países tanto del Norte (Países Bajos, Inglaterra y Alemania), como del área Mediterránea (Italia, Francia y Portugal). En España el interés por la carne de pavo por parte de productores y consumidores es limitado. Sin embargo, la producción está aumentando gracias a su utilización como alternativa al porcino en productos elaborados y al auge del despique y de productos fileteados y deshuesados. En cualquier caso, el consumo está por debajo de los estándares europeos, por lo que su potencial de crecimiento es elevado.

La anatomía y fisiología de los distintos órganos y tejidos difiere entre pavos y pollos y algunas de estas diferencias deben ser tenidas en cuenta a la hora de formular raciones. Por ejemplo, las estirpes actuales de pavos se caracterizan por su amplia pechuga y alto porcentaje de masas musculares, por lo que precisan que la relación proteína:energía sea mayor que en pollos durante las primeras semanas de vida. Por otra parte, la carne de pavos contiene más proteína y por tanto más aminoácidos que la carne de pollo y su contenido en grasa y en colesterol es inferior. Además, la relación peso corporal:aplomos está descompensada por lo que debe prestarse atención al mantenimiento de niveles adecuados de macrominerales y oligoelementos relacionados con el crecimiento y el desarrollo armónico del tejido óseo. A este particular, existen datos que indican que los jugos gástricos del pavito joven tienen una deficiente capacidad de acidificación del contenido digestivo y por tanto la solubilización de las fuentes minerales de fósforo, y probablemente de calcio son inferiores a lo esperado. De aquí, que la disponibilidad del P en los distintos fosfatos comerciales sean muy variables y a menudo inferior a la obtenida en pollitos de edades similares. Por tanto las dietas de pavos precisan tener en cuenta estas diferencias a fin de maximizar la producción de carne.

Otro punto a tener en cuenta es la mayor dificultad del pavito con respecto al pollito en adaptarse al medio ambiente en los primeros estadios de vida, así como su mayor tendencia al canibalismo. De aquí que sea necesario un manejo y un programa de alimentación mas esmerado en pavos que en pollos con énfasis en la calidad y tamaño de la miga y en el contenido en vitaminas y minerales. La presentación del pienso y la calidad del gránulo son de gran importancia en piensos de pavos, especialmente en primeras edades (Nixey, 1988; Plavnik et al., 1997). Nixey (1982) estima que un gránulo de buena calidad puede mejorar el peso de los pavos al sacrificio hasta en un 5 a un 10% en relación con el mismo pienso en harina.

Las investigaciones sobre nutrición de pavos son muy abundantes en Estados Unidos y Canadá pero no así en Europa. En particular, no nos consta de ningún estudio realizado en España que haya sido publicado en los últimos 25 años en revistas científicas de prestigio internacional. Este trabajo tiene como objetivo resumir datos de investigadores y centros de extensión sobre aspectos básicos y prácticos en alimentación de pavos de engorde relevantes en producción industrial.

2.- ENERGÍA

Las necesidades energéticas del pavo de engorde están bien definidas en la literatura científica (NRC, 1994) existiendo diversos modelos matemáticos que estiman las necesidades en función de la edad del ave (Hurwitz et al., 1983a). En base a estas necesidades y la capacidad digestiva del pavo se estima que las dietas para engorde deberían tener un rango de Energía Metabolizable (EMn) en kcal por kg de pienso de 2.850 a 3.220 entre 0 y 6 semanas, 2.850 a 3.350 entre 6 y 12 semanas, 2.850 a 3.450 entre 12 y 16 semanas y de mas de 3.200 a partir de esta edad (Scott, 1987). Concentraciones energéticas inferiores reducen los crecimientos mientras que concentraciones superiores no son económicamente rentables. En el caso de la UE-15 y por razones de disponibilidad y costo de materias primas, rara vez se formula con los niveles superiores del rango recomendado (Moran y Ferket, 1983). En particular las dietas para pavos en cebo en España, solo superan las 3.200 kcal/kg en algunos piensos de finalización. En cualquier caso es importante tener en cuenta que el pavo de mas de 10 semanas de vida es muy eficiente en la utilización de la energía y responde con mejoras económicamente rentables en los índices de conversión con niveles de inclusión en altos de la dieta (Hurwitz et al., 1983b; Sell et al., 1985; Summers et al., 1985). De hecho, Scott (1987) recomienda utilizar un mínimo de 5% de grasa añadida a partir de las ocho semanas de edad por su efecto beneficioso sobre la eficacia alimenticia, especialmente en épocas de verano.

Existen abundantes trabajos sobre la utilización de materias primas en pavos, pero la información disponible no abarca todos los ingredientes disponibles lo que no permite elaborar unas tablas propias de materias primas para esta especie. Por ello, hoy día se recomienda la utilización indistinta en pollos y en pavos de tablas comunes de composición de alimentos (INRA, 1989; NRC, 1994; FEDNA, 1999). Esta simplificación facilita el trabajo del nutricionista pero puede conducir a errores en el caso de alimentos fibrosos y materias grasas. Slinger et al. (1964) estudiaron la capacidad relativa de pollos y

pavos para utilizar la energía de diversos alimentos y observaron que las únicas diferencias de interés se daba con los alimentos fibrosos. Esta información ha sido contrastada por Leeson et al. (1974) quienes indicaron que la EMn del maíz era similar en pavos y en pollos pero que en el caso de la avena había un 8% de diferencia a favor de los primeros. Asimismo, Coates et al. (1977) observaron que el valor energético de diversos tipos de cebada era superior en pavos que en broilers.

La inclusión de aceites y grasas es una práctica común en dietas para pavos debido a su alta concentración energética y las elevadas necesidades nutricionales de los pavos para crecimiento. Existen numerosos estudios sobre el valor energético de los distintos tipos de grasa en avicultura pero la mayoría de los trabajos han sido realizados con gallos adultos. De hecho, la información existente para pavos es muy escasa, especialmente en el caso del ave joven. En cualquier caso se sabe que, al igual que en el pollo, las grasas insaturadas se digieren mejor que las saturadas, las de cadena corta mejor que las de cadena larga y las grasas enteras mejor que sus oleínas correspondientes, y que las diferencias en utilización entre grasas de distintas características disminuyen rápidamente con la edad (Carew, 1972; Freeman, 1984; Leeson y Atteh, 1995). Turner et al. (1999a) han observado en pavitos de 7 a 10 días de edad que la digestibilidad de los ácidos grasos saturados, tipo palmítico y esteárico era muy limitada y en general inferior al 50%. Sin embargo, la digestibilidad variaba entre el 72 y el 85% para el ácido linoleico y entre el 81 y el 88% para el ácido linolénico, lo que indica que los aceites insaturados son ingredientes de elección en dietas de iniciación. De hecho, Turner et al. (1999b) indican que el pavito utiliza con eficacia similar almidones y grasas. De hecho, la suplementación del pienso con 10% de una grasa mezcla vegetal-animal en sustitución de una cantidad equivalente en energía de almidón de maíz mejoró el peso de los pavos a 14 días. Recientemente, Mossab et al. (2000) han comparado el contenido energético metabolizable de una grasa saturada (sebo) y una grasa insaturada (aceite de soja) a niveles de inclusión del 8% en pavitos y pollitos de una o tres semanas de vida. Los autores observaron que los pavitos de una semana de edad utilizaban mucho mejor las grasas que los pollitos, especialmente en el caso del sebo, pero que las diferencias desaparecían a las tres semanas de vida (Cuadro 1). En este trabajo llama la atención los altos valores encontrados para la EMn de ambos tipos de grasa en pavitos tan jóvenes (9.100 kcal/kg para el aceite de soja y 7.100 kcal/kg para el sebo).

Cuadro 1.- Energía metabolizable de sebo y aceite de soja en pavos y pollos de una o tres semanas de vida (Mossab et al., 2000)

Especie	Edad, sem	EMn ^{1,2} (Mcal/kg)	
		Sebo	Aceite soja
Pollo	1	4,0 ± 0,41 ^c	8,2 ± 0,13 ^b
	3	6,0 ± 0,19 ^d	9,1 ± 0,15 ^a
Pavo	1	7,1 ± 0,19 ^c	9,1 ± 0,05 ^a
	3	6,6 ± 0,10 ^{cd}	9,4 ± 0,01 ^a

¹Media ± DS de ocho aves. ²Medias con letras no comunes indican diferencias significativas (P < 0,05).

Por tanto, grasas insaturadas de calidad pueden ser utilizadas a niveles moderados en pavitos desde el momento de la eclosión. Asimismo, diversos trabajos experimentales (Sell y Owings, 1984; Blair y Potter, 1988) han demostrado que el pavo utiliza de forma eficiente todo tipo de grasas y que su inclusión en las últimas fases de cebo resulta particularmente beneficiosa. Dietas con hasta un 10% de sebo añadido dan lugar a excelentes resultados en pavos en la fase de finalizado (Jowsey et al., 1958; Touchburn y Naber, 1969; Jensen y Falen, 1973). En el cuadro 2 se ofrecen los niveles de utilización de cereales y subproductos recomendados por Hybrid en dietas para pavos según edad (Hybrid, 2000). Datos similares para fuentes proteicas y grasas se ofrecen en el cuadro 3. Estas recomendaciones son muy generalistas y deben tomarse con precaución. Por ejemplo, los niveles de soja integral a recomendar dependen de la bondad del proceso y del contenido residual en factores antitrípsicos. En habas bien procesadas, niveles lógicos de utilización en inicio están en torno al 20%.

Cuadro 2.- Recomendaciones de uso máximo de cereales y subproductos de cereales en dietas para pavos de engorde (Hybrid, 2000)

	0 a 3 sem	3-12 sem	> 12 sem
Maíz	70	100	100
Sorgo	30	40	50
Trigo	25	25	30
Trigo + enzimas	50	50	60
Avena	7	20	-
Cebada	10	15	25
Cebada + enzimas	40	40	50
Centeno	0	2	7
Triticale	2	10	15
Arroz	6	15	25
Salvado de trigo	8	15	25
Gluten de maíz, 60%	12	20	25
Gluten feed, 20%	10	15	20
DDGS	5	7	7
Subproducto galletas	3	6	7

Cuadro 3.- Recomendaciones de uso de diversas fuentes proteicas y grasas (Hybrid, 2000)

	0 a 3 sem	3-12 sem	> 12 sem
Harina de soja, 48%	33	33	33
Harina de girasol	7	10	20
Harina de colza	3	5	7
Harina de algodón	4	7	7
Soja integral tostada	10	15	25
Harina de pescado	5	10	10
Grasa animal	5	7	8
Grasa vegetal	5	7	8

3.- PROTEÍNA

La mayor parte de los datos existentes sobre necesidades en proteína y aminoácidos totales en pavos para cebo fueron obtenidos en los años 70 y 80. De hecho, gran parte de las recomendaciones del NRC (1994) están basadas en pruebas realizadas en los años 70 en pavos de 0 a 4 semanas de vida con estirpes menos productivas que las actuales (Warnick y Anderson, 1973). Muchos de los datos antiguos obtenidos en pavitos han sido extrapolados mediante modelos matemáticos para otras edades y sirven de referencia actual para fases posteriores de cebo (Firman, 1994; Waldroup et al., 1997a). Además, la mayoría de las fuentes de información ofrecen sus datos en aminoácidos totales cuando lo recomendable es formular en base a aminoácidos disponibles lo que complica la utilización de la información existente. Por ello, estos datos han de ser tomados con precaución, especialmente cuando se considera el efecto de la dieta sobre las características de la canal.

Como en todas las especies domésticas las necesidades en proteína y en aminoácidos esenciales dependen de la edad, así como de la concentración energética de los piensos y el criterio utilizado para definir las necesidades (crecimiento, eficiencia alimenticia o calidad de la canal). Scott (1986) observó que la composición en aminoácidos de la carne de pavos era muy similar a la de la carne de pollos y propuso evaluar las necesidades en aminoácidos para las distintas edades en porcentaje de las recomendaciones en proteína. El concepto de proteína ideal no es un principio nuevo. Se basa en las ideas de Mitchell y Block (1946) que estudiaron la composición en aminoácidos de la canal de ratas, observando que se mantenía relativamente constante. Scott (1987) estima que las necesidades en aminoácidos entre pavos y pollos eran similares, aunque las necesidades de pavos eran ligeramente superiores a las de los pollos en lisina y ligeramente inferiores en metionina. Scott (1987) calcula las necesidades en aminoácidos en base a los coeficientes de Tuttle y Balloun (1974) que estiman que las necesidades en lisina son aproximadamente del 5,4% de la proteína de la dieta en el período de iniciación y de 5,1% a partir de las ocho semanas de vida.

Firman y Boling (1998) han descrito con precisión la proteína ideal en pavos en base a aminoácidos digestibles, observando que no difiere marcadamente de la obtenida en pollos, exceptuando el caso de la treonina. Dado que la mayor parte de las necesidades en aminoácidos van destinadas a acumular proteína en el crecimiento, se pueden estimar las necesidades y la composición del pienso en base al perfil en aminoácidos de la carne. La mayoría de los autores escoge la lisina como patrón y refieren las necesidades del resto de aminoácidos en función de ella, ya que este aminoácido es poco utilizado en los procesos de conservación e inmunidad y prácticamente solo sirve para la formación de tejido muscular.

La metionina tiene tres funciones claves en el organismo animal: donador de grupos metilos, síntesis de proteínas, incluidas ciertas enzimas, y precursor de cisteína, por lo que las necesidades en cisteína y metionina se estudian de forma conjunta. La treonina es un componente importante de los enzimas y jugos digestivos así como de las proteínas de fase aguda importantes en situaciones de estrés, mientras que la lisina es poco importante a este

particular. Se estima que las necesidades en lisina del pavo son un 5,4% de la proteína hasta las 8 semanas de vida (28 y 26% de proteína de 4 y de 4 a 8 semanas, respectivamente) y de 5,1% posteriormente. La concentración del resto de aminoácidos en relación a la lisina varían entre 35 y 40% para la metionina, 64 y 68% para los azufrados, 62 y 65% para la treonina y 17 y 17,5% para el triptófano, según la edad del pavo.

Las necesidades en proteína y aminoácidos de los pavos han sido revisadas por Firman (1994). Los aminoácidos más limitantes son los azufrados (AAAT) y la lisina (Firman y Boling, 1998). Pack (2000) indica que los AAAT son el primer limitante en dietas para aves, y que la treonina sería el tercer aminoácido a considerar (Firman, 1994; Lehman et al., 1997; Waibel et al., 2000) sin que el triptófano parezca de interés con los niveles actuales de proteína de los piensos.

Las necesidades en AAAT de los pavos están bien documentadas pero los datos disponibles son muy variables. El NRC (1994) sugiere que las necesidades son 1,05% de 0 a 4 semanas, 0,95% de 4 a 8 semanas, 0,80% de 8 a 12 semanas y 0,65% a partir de esa edad. Schutte et al. (1988) indican que las necesidades de pavitos BUT (Big 6) de 1 a 4 semanas de vida están en torno a 1,07% de la dieta en el caso de las ganancias de peso y a 1,15% para los índices de conversión. De 5 a 8 semanas las necesidades estimadas fueron de 1,05% (3,4 g/Mcal EMn) en ambos casos. Moore et al. (2001) estiman las necesidades en torno a 0,83% de 1 a 2 semanas de vida y en torno a 0,78% en pavitos de 3 a 5 semanas, valores inferiores a los anteriores pero similares a los de Boling y Firman (1997) que indican que las necesidades en AAAT digestibles son de 0,76% para el período comprendido entre 0 y 4 semanas de vida.

Las necesidades en lisina en pavos varían ampliamente según autores. El NRC (1994) recomienda 1,60% de 0 a 4 semanas de vida, 1,50% de 4 a 8 semanas, 1,30% de 8 a 12 semanas y 1,0% a partir de esta edad. Lehman et al. (1996) estiman las necesidades en pavos BUT (Big 6) de 8 a 12 y de 16 a 20 semanas de vida. Observan que los mejores resultados productivos en cuanto a crecimiento e índices de conversión se obtenían con 1,20% de lisina total (4,0 g/Mcal EMn) de 8 a 12 semanas y que 0,96% (3,0 g/Mcal EMn) no era suficiente en el período de 16 a 20 semanas. Estos autores indican que el porcentaje de pechuga aumentaba al incrementar el nivel de lisina de la dieta. Waldroup et al. (1997b) evalúan las necesidades del NRC (1994) para pavos y estiman que los valores son correctos para productividad en granja pero que es conveniente aumentar las necesidades en un 5% si se buscan rendimientos óptimos de pechuga. Thompson et al. (1999) han estimado las necesidades en lisina digestible para crecimientos máximos en 1,30% en pavitos de 0 a 3 semanas y de 1,14% en pavos de 3 a 6 semanas de vida. Baker et al. (1999a) estiman por su parte que las necesidades en lisina digestible son 1,31% de 0 a 3 semanas y 1,23% de 3 a 6 semanas. Los autores indican que este ensayo se realizó en condiciones de extremo calor por lo que sería conveniente repetir la prueba. En un segundo estudio, Baker et al. (1999b) encuentran que las necesidades en lisina digestible fueron de 1,09% para crecimiento y de 1,11% para eficacia alimenticia de 6 a 9 semanas y de 0,87% y 0,82% de 9 a 12 semanas, respectivamente. Datos de Boling y Firman (1998) sugieren que las necesidades en lisina digestible en pavos de 0 a 4 semanas de vida alimentados con

una dieta de 3175 kcal EMn/kg son de 1,32% para crecimiento y de 1,34% para índices de conversión.

Al igual que ocurre con el resto de aminoácidos, las recomendaciones en treonina varían ampliamente entre autores. El NRC (1994) recomienda 1,0 % de 0 a 4 semanas, 0,95% de 4 a 8 semanas, 0,80% de 8 a 12 semanas y 0,75% a partir de esta edad. Waldroup et al. (1998) estiman que las recomendaciones del NRC son adecuadas en pavos de hasta 9 semanas de edad y que de hecho llevan un pequeño margen de seguridad añadido. Sin embargo, Lilburn y Barbour (1996) indican que estas recomendaciones son excesivas de 0 a 4 semanas pero penalizan el crecimiento a partir de las 8 semanas. Lehman et al. (1997) indican que las necesidades en pavos BUT (Big 6) disminuyen desde 0,95% (3,3 g/Mcal EMn) de 0 a 4 semanas a 0,69% (2,2 g/Mcal EMn) de 8 a 12 semanas y a 0,58% (1,8 g/Mcal EMn) a partir de las 16 semanas de vida. Asimismo, estos autores observan que las necesidades en la fase de acabado aumentan hasta 0,64% (2,0 g/Mcal EMn) cuando se busca maximizar el rendimiento de pechuga. Valores similares han sido encontrados por Kamyab y Firman (2000) que estiman las necesidades en treonina digestible en 0,67% (2,1 g/Mcal EMn) de 1 a 3 semanas para las ganancias de peso y de 0,74% (2,3 g/Mcal EMn) para los índices de conversión. En base a estos datos los autores estiman que las necesidades en treonina en pavos de esta edad son solo del 55% en relación con la lisina, valores muy por debajo del 67% estimado para pollos por Baker y Han (1994).

Waldroup et al. (1997a y b) y Kidd et al. (1997) indican que los niveles de aminoácidos recomendados por el NRC (1994) son adecuados en dietas maíz-harina de soja para óptimos crecimientos, índices de conversión y rendimiento a la canal, pero que se precisa un aporte ligeramente superior (en torno al 5%) cuando se busca maximizar el porcentaje de pechuga. Asimismo, Waibel et al. (1998) indican que el porcentaje de pechuga se reduce con dietas bajas en proteína, aun cuando los resultados productivos no se vean alterados.

Las recomendaciones en proteína, así como en diversos aminoácidos limitantes de los pavos en las distintas edades, según diversas fuentes, se detallan en los cuadros 4 a 7. En estos mismos cuadros se ofrecen las recomendaciones de los autores para dietas prácticas para pavos cuando se busca maximizar el rendimiento en partes nobles. Estas recomendaciones en aminoácidos pueden reducirse en aproximadamente un 5% cuando el criterio de formulación es la ganancia de peso, exclusivamente. En caso de interesar optimizar los índices de conversión, los niveles a utilizar deben estar comprendidos entre estos dos niveles.

Cuadro 4.- Recomendaciones nutricionales para pavos 0 a 4 semanas.
(Centros de investigación, compañías de genética y propias de los autores)

	Scott 87	INRA 89	Firman 93	NRC 94	Leeson et al., 97	Nicholas 97	BUT-6 96	BUT-9 00	Autores 02
EM, kcal/kg	2.860	2.800	2.800	2.800	2.900	2.860	2.820	2.860	>2.800
Ac. linoleico, %			1,00	1,00			1,50	1,57	>1,25
Proteína bruta, %	28,0	24,3	28,0	28,0	28,0	27,6			28,0
Lys, %	1,51	1,64	1,60	1,60	1,70	1,80	1,85	1,88	1,75
Met, %	0,53	0,44	0,53	0,55	0,60	0,64	0,67	0,68	0,61
Met+Cys, %	1,06	1,12	1,05	1,05	1,00	1,14	1,20	1,22	1,11
Thr, %	1,12	0,89	1,00	1,00	1,00	1,10	1,18	1,20	1,09
Trp, %	0,27	0,23	0,26	0,26	0,28	0,35	0,32	0,32	0,30
Arg, %	1,60	1,59	1,60	1,60	1,60	1,84	1,99		1,60
Ile, %	1,12	0,79	1,10	1,10	1,13				1,11
Val, %	1,26	1,12	1,20	1,20	1,20				1,21
Calcio, %	1,20	1,26	1,20	1,20	1,40	1,35	1,35	1,39	1,35
Fósforo, %		0,85							0,93
Fósforo dis., %	0,75	0,61	0,60	0,60	0,70	0,80	0,76	0,78	0,70
Sodio, %	0,18	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,15	0,16	>0,18
Potasio, %			0,70	0,70					0,70-1,20
Cloro, %		0,14	0,15	0,15			0,18	0,19	0,16-0,26
Magnesio, %			0,06	0,05					0,06

Cuadro 5.- Recomendaciones nutricionales para pavos de 4 a 8 semanas.
(Centros de investigación, compañías de genética y propias de los autores)

	INRA 89	Firman 93	NRC 94	Leeson et al., 97	Nicholas 97	BUT-6 96	BUT9 00	Autores 02
EM, kcal/kg	2.900	2.900	2.900	3.000	2.990	2.870	2.900	2.925
Ac. linoleico, %		1,00	1,00			1,31	1,32	1,10
Proteína bruta, %	23,2	26,0	26,0	23,0-26,0	25,6			26,0
Lys, %	1,39	1,50	1,50	1,55	1,64	1,61	1,63	1,56
Met, %	0,40	0,45	0,45	0,55	0,60	0,64	0,64	0,57
Met+Cys, %	0,88	0,90	0,95	0,90	1,05	1,13	1,14	1,00
Thr, %	0,80	0,93	0,95	0,95	0,98	1,03	1,04	0,99
Trp, %	0,21	0,24	0,24	0,26	0,30	0,28	0,28	0,26
Arg, %	1,43	1,50	1,40	0,50	1,75	1,75		1,48
Ile, %	0,73	1,00	1,00	1,00				1,01
Val, %	1,02	1,10	1,10	1,10				1,12
Calcio, %	1,26	1,00	1,00	1,25	1,30	1,25	1,26	1,25
Fósforo, %	0,85							0,88
Fósforo dis., %	0,61	0,50	0,50	0,60	0,74	0,70	0,70	0,63
Sodio, %	0,17	0,15	0,15	0,17	0,18	0,15	0,16	0,16
Potasio, %		0,60	0,60					0,65-1,15
Cloro, %	0,15	0,14	0,14				0,18	0,15-0,30
Magnesio, %		0,06	0,05					0,06

Cuadro 6.- Recomendaciones nutricionales para pavos de 8 a 12 semanas.
(Centros de investigación, compañías de genética y propias de los autores)

	INRA 89	Firman 93	NRC 94	Leeson et al., 97	Nicholas 97	BUT-6 96	BUT-9 00	Autores 02
EM, kcal/kg	3.000	3.000	3.000	3.100	3.170	2.960	2.920	3.025
Ac. linoleico, %		0,80	0,80					1,00
Proteína bruta, %	20,0	22,0	22,0	21,5	22,4			22,5
Lys, %	1,15	1,30	1,30	1,30	1,40	1,36	1,34	1,36
Met, %	0,34	0,38	0,40	0,47	0,50	0,61	0,56	0,49
Met+Cys, %	0,75	0,75	0,80	0,80	0,90	1,11	1,01	0,88
Thr, %	0,63	0,79	0,80	0,80	0,85	1,00	0,93	0,86
Trp, %	0,17	0,20	0,20	0,21	0,27	0,25	0,23	0,23
Arg, %	1,13	1,25	1,10	1,25	1,50	1,62		1,20
Ile, %	0,57	0,85	0,80	0,85				0,86
Val, %	0,80	0,94	0,90	0,90				0,94
Calcio, %	1,00	0,85	0,85	1,20	1,15	1,26	1,16	1,15
Fósforo, %	0,75							0,81
Fósforo dis., %	0,50	0,42	0,42	0,60	0,68	0,71	0,66	0,56
Sodio, %	0,15	0,12	0,12	0,17	0,18	0,17	0,16	0,15
Potasio, %		0,50	0,50					0,60-1,05
Cloro, %	0,14	0,14	0,14				0,19	0,15-0,32
Magnesio, %		0,06	0,05					0,06

Cuadro 7.- Recomendaciones nutricionales para pavos de 12 a 16 semanas.
(Centros de investigación, compañías de genética y propias de los autores)

	Scott 87	INRA 89	Firman 93	NRC 94	Leeson et al., 97	Nicholas 97	BUT-6 96	BUT-9 00	Autores 02
EM, kcal/kg	3.110	3.100	3.100	3.100	3.200	3.300	3.240	3.040	3.150
Ac. linoleico, %			0,80	0,80					0,90
Proteína bruta, %	17,8	16,5	19,0	19,0	18,0	18,7			19,5
Lys, %	0,91	0,98	1,00	1,00	1,15	1,14	1,21	1,13	1,15
Met, %	0,34	0,29	0,33	0,35	0,42	0,45	0,54	0,51	0,46
Met+Cys, %	0,68	0,67	0,65	0,65	0,67	0,79	0,96	0,90	0,80
Thr, %	0,71	0,52	0,68	0,75	0,67	0,74	0,79	0,75	0,75
Trp, %	0,17	0,16	0,18	0,18	0,18	0,20	0,20	0,19	0,20
Arg, %	1,01	0,93	1,10	0,90	1,02	1,20	1,38		1,06
Ile, %	0,71	0,48	0,75	0,60	0,80				0,72
Val, %	0,80	0,66	0,80	0,80					0,81
Calcio, %	1,10	1,00	0,75	0,75	1,00	1,10	1,17	1,11	1,05
Fósforo, %		0,75							0,74
Fósforo dis., %	0,63	0,50	0,38	0,38	0,50	0,64	0,66	0,63	0,50
Sodio, %	0,18	0,15	0,12	0,12	0,17	0,18	0,17	0,17	0,14
Potasio, %	0,60		0,50	0,50					0,55-0,90
Cloro, %		0,14	0,12	0,12				0,19	0,13-0,32
Magnesio, %			0,06	0,05					0,06

4.- MACROMINERALES

Los pavos necesitan los mismos trece elementos inorgánicos que el pollo y otros animales domésticos. Desde el punto de vista práctico los tres macrominerales de mayor interés son el fósforo (P), el calcio (Ca) y el sodio (Na⁺). En los inicios de la producción industrial, las dietas de engorde para pavos contenían hasta un 2% de Ca y un 1% de P. Estudios realizados en los años 60 demostraron que niveles de Ca en torno al 1,2% y de P en torno al 0,8% eran suficientes en condiciones adecuadas. En cualquier caso, las necesidades disminuían drásticamente con la edad, especialmente si los parámetros considerados no incluían la calidad y características estructurales del hueso y las articulaciones (Bailey et al., 1986). Dado que la mayor parte de las necesidades en estos dos minerales desde un punto de vista cualitativo, son para formación ósea, se considera que la relación óptima entre ambos debe estar cercana al 2:1 (Ca : P disponible)

Waibel et al. (1984) compararon la disponibilidad de un total de 47 fuentes comerciales de fósforo en pavos en base al contenido en cenizas del dedo. Observaron una alta variabilidad en la disponibilidad relativa, muy superior a la esperada en base a estudios anteriores realizados con pollos (Cuadro 8). De hecho observaron que los fosfatos bicálcicos mostraban una disponibilidad en relación con el patrón (fosfato mono-bicálcico patrón = 100) de sólo un 88%, mientras que para los fosfatos defluorinados testados el valor era del 70,2%. Resultados similares han sido presentados por Potter (1986) y por Potchanakorn y Potter (1997) que obtiene valores relativos con respecto a un patrón (fosfato mono-bicálcico) del 88% para el fosfato bicálcico y del 86 al 93% para diversas muestras de fosfatos defluorinados. En todos los casos, la variabilidad fue muy alta, indicando la existencia de algún factor que dificultaba la digestibilidad de los fosfatos. De hecho, Scott et al. (1962) observaron que el fosfato bicálcico anhidro era pobremente utilizado por el pavo joven, pero que la disponibilidad mejoraba con la edad. La causa de esta reducción en digestibilidad en relación con pollitos de edad similar puede estar en el distinto poder de acidificación de los jugos gástricos de estas dos especies. El pH en proventriculo es menos ácido en pavos que en pollitos lo que reduce la solubilidad de las fuentes minerales, en particular de los fosfatos anhidros (Scott, 1987). Por tanto, debe prestarse una atención particular a la fuente utilizada como fuente de P en piensos para pavos.

Cuadro 8.- Disponibilidad de fuentes de fósforo en pavos (Waibel et al., 1984)

	Nº muestras	Disponibilidad, %
Fosfato mono-bicálcico ¹	1	100
Otros fosfatos mono-bicálcicos ²	7	93,6 ± 7,6
Fosfatos bicálcicos ³	20	88,3 ± 8,2
Fosfatos defluoronados	20	70,2 ± 7,2

¹Patrón.

²21% de fósforo.

³18,5% de fósforo.

Los problemas de patas tan frecuentes en pavos pueden agravarse si se utilizan grasas saturadas de baja calidad, que son difíciles de digerir por el pavito, especialmente en presencia de problemas digestivos. Los procesos entéricos son frecuentes en pavos entre 6 y 12 semanas de edad lo que puede ser debido, al menos en parte, a problemas nutricionales y que ocurren en un momento en el cual el desarrollo del esqueleto y las necesidades minerales del ave son máximas (Nixey, 1988). El exceso de Ca también resulta perjudicial a este particular ya que reduce la absorción de P (Hurwitz et al., 1978) y en su caso la actividad de las fitasas exógenas (Atia et al., 2000). Por tanto, es importante controlar en este período el balance electrolítico, la relación entre macrominerales, el exceso de proteína, el uso de cereales viscosos recientemente cosechados y la calidad de las materias primas utilizadas. En particular, el exceso de grasa de mala calidad facilita la formación de jabones y reduce la disponibilidad del Ca, del P y del Mg, perjudicando la calidad de la cama (Leeson y Atteh, 1995).

Las necesidades en electrolitos de los pavos son similares a las de los pollos de edad productiva similar. Kumpost y Sullivan (1966) indican que las necesidades en Na^+ para máxima productividad varían entre 0,17 y 0,20%, valores que coinciden con las recomendaciones de Harms (1982) de 0,18%. El pavito joven presenta unas necesidades extras de Na^+ ya que a edades tempranas el desarrollo de los tejidos y el crecimiento celular es máximo lo que aumentan las necesidades en este electrolito. Además, la presencia de Na^+ en la dieta aumenta el consumo de agua, lo que puede mejorar el consumo de pienso y la resistencia del pavito al estrés calórico. Sin embargo, el exceso aumenta la excreción de agua y perjudica la calidad de la cama, lo que puede ser importante en pavos de mayor edad. Además, un exceso de sal en la dieta ha sido asociado a problemas de cardiopatías en aves jóvenes (corazón redondo) (Leeson et al., 1976). Las necesidades en cloro (Cl^-) son inferiores a las de Na^+ a todas las edades. Harms (1982) ha estimado estas necesidades en un 0,13% de la dieta. Un exceso de Cl^- puede perjudicar los fenómenos de calcificación por lo que es frecuente añadir bicarbonato al pienso en sustitución de la sal a fin de reducir el contenido en Cl^- sin menoscabo de su contenido en Na^+ . Sin embargo, Frame et al. (2001) observaron que la mortalidad debido a cardiopatías (corazón redondo) se reducía de forma considerable al disminuir la relación $\text{Na}^+ : \text{Cl}^-$ del pienso. Estos autores recomiendan reducir el nivel de Na^+ a menos de 0,12% y elevar el porcentaje de Cl^- por encima de 0,30% en caso de alta incidencia de esta patología.

El potasio (K^+) se encuentra en el interior de las células donde tiene una función importante en los fenómenos de homeostasis. Las necesidades en K^+ del pavito se estiman en torno al 0,60% aunque el NRC (1994) recomienda niveles del 0,70% de la dieta. En numerosos piensos comerciales los niveles son mas elevados e incluso en algunos casos se añade K^+ extra a la dieta a fin de elevar el contenido a niveles cercanos al 1,0%. La razón es que el K^+ juega un papel importante en situaciones de estrés, momento en el que aumentan las pérdidas de K^+ y que son frecuentes en producción intensiva de pavos. Si el aporte de K^+ es insuficiente el ave no puede recuperarse del estrés. Sin embargo, un trabajo reciente de Reece et al. (2000) indica que el exceso de K^+ , aportado como KCl, no solo no mejora la productividad sino que puede exacerbar los problemas de aplomos frecuentes en esta especie. Además, Chavez y Kratzer (1973) observan una reducción de los

crecimientos con niveles de K^+ en la dieta superiores a 1,25%. Por tanto, es recomendable no sobrepasar niveles del 1% en dietas comerciales, especialmente a partir de las seis semanas de vida.

En los cuadros 4 a 7 se detallan las necesidades en macrominerales de pavos según diversas fuentes, así como nuestras recomendaciones a nivel de campo, de acuerdo con la edad del ave.

5.- VITAMINAS Y MICROMINERALES

Las necesidades de las estirpes actuales de pavos en vitaminas y microminerales son prácticamente desconocidas. Para la mayoría de los elementos inorgánicos y vitaminas no existe ningún trabajo sobre requerimientos para una edad específica en los últimos 20 años. Por tanto, las recomendaciones que se ofrecen son en gran parte voluntariosas y basadas en observaciones de campo o extrapoladas a partir de los pollos. En cualquier caso los pavos, especialmente a edades jóvenes precisan de mayores aportes de vitaminas y microminerales que pollos de edad productiva similar. Tres vitaminas claves a este particular son la niacina, la vitamina E y el ácido fólico. Las necesidades en niacina de los pavos son muy elevadas debido a la alta concentración en hígado de la enzima ácido picolínico carboxilasa, que previene la obtención de la vitamina a partir del triptófano. La eficacia de conversión de triptófano a niacina es de 45:1 en el pollo pero cercana a 120:1 en el pavo (Ruiz y Harms, 1990). Christmas et al. (1986) estudian el efecto de aportar 21 ppm de niacina en dietas para pavos de 4 a 12 semanas que contenían y a 21 ppm de esta vitamina. Observan que 21 ppm de niacina eran suficientes a estas edades. Sin embargo, Maurice et al. (1990) observaron que la suplementación con 140 ppm de niacina mejoró la productividad en pavos de hasta 8 semanas de vida en relación con dietas sin suplementar o con 70 ppm de niacina añadida.

Las necesidades del pavito joven en ácido fólico son relativamente elevadas (Russell et al., 1947), con síntomas de deficiencia que incluyen problemas de plumaje, perosis y parálisis cervical. Sin embargo, uno de los síntomas clásicos de la deficiencia en pollos, la anemia, no se observa en pavos. La razón podría ser que los pavitos afectados por una deficiencia en ácido fólico mueren rápidamente por parálisis cervical, lo que no da tiempo a que desarrollen síntomas de anemia (Scott, 1987).

Diversos investigadores han indicado la conveniencia de suministrar cantidades extras de vitamina E a pavos, especialmente durante las dos primeras semanas de vida por sus efectos positivos sobre la inmunidad y la viabilidad del pavito recién nacido (Ferket, 1997). Soto-Salanova et al. (1993) observaron que el nivel de alfa tocoferol en suero e hígado de pavitos se reducía de forma marcada entre 1 y 14 días de edad y que la suplementación con 100 U.I. de vitamina E aliviaba parcialmente esta reducción. Sell (1996) observa que las reservas de vitamina E del pavito recién eclosionado se reducen de forma rápida por lo que recomienda suplementar las dietas de iniciación con 100 a 150 U.I. de esta vitamina. Ferket et al. (1993) suplementan piensos para pavos con hasta 300 U.I. de

vitamina E y observan una reducción de la mortalidad y una mejora de la conversión entre 3 y 8 semanas de vida pero no observan efecto alguno sobre los incrementos de peso. Estos autores achacan las mejoras obtenidas a una mejora en el estatus inmunitario del pavo. Sin embargo, Sell et al. (1997a) no observan beneficio alguno al suplementar con hasta 300 U.I. de vitamina E dietas para pavos previamente infectados con E. Coli. Asimismo, Sell et al. (1997b) indican que la suplementación con vitamina E aumenta la concentración de alfa tocoferol en suero e hígado pero no afecta a la productividad en pavos a 105 y 119 días de edad. En cualquier caso ha de tenerse en cuenta que las actividades de la vitamina E y del Se están íntimamente relacionadas. Ambos juegan un papel importante en los fenómenos de protección de la oxidación. Por tanto no tiene gran sentido elevar los niveles en el corrector de vitamina E sin hacer lo propio con los niveles de Se, que normalmente resulta más económico. De aquí nuestras recomendaciones de 0,3 ppm de Se para todos los piensos.

El NRC (1994) recomienda unos niveles de vitamina A en piensos de pavos de 5000 U.I. en primeras edades por su importancia sobre la integridad de los epitelios y el desarrollo óseo. Sin embargo, Sklan et al. (1995) indican que niveles superiores a los recomendados mejoran la respuesta inmune de pavos vacunados contra la enfermedad de Newcastle. La vitamina A no sólo mejora de forma pasiva la resistencia contra el ataque de patógenos por sus efectos positivos sobre la integridad de los epitelios sino que también aumenta la respuesta de anticuerpos a antígenos y la resistencia de los tejidos a la infección exógena. De aquí, que la mayoría de los correctores comerciales tengan una concentración superior a la recomendada por el NRC (1994) en esta vitamina. En cualquier caso, deben evitarse excesos de vitamina A ya que tiene un efecto antagonista sobre la absorción de otras vitaminas liposolubles (Metz et al., 1985).

La colina es una vitamina cuyo aporte es necesario en pavos aunque no es vitamina estrictamente esencial ya que el ave la produce de forma endógena. Su carencia origina perosis y degeneración hepática entre otros síntomas y la mayoría de los correctores comerciales aportan cantidades extras en torno a las 300 a 500 ppm. Sin embargo, no siempre su aporte es necesario, especialmente a estos niveles, ya que ciertas materias primas son ricas en esta vitamina. En particular, las harinas de soja son muy ricas en colina con una disponibilidad cercana al 100%. De hecho, el contenido del haba de soja en esta vitamina está en torno a 2.400 ppm.

Los microminerales normalmente añadidos mediante el corrector en piensos de pavos son Fe, Cu, Zn, Mn, Se y I. El Co no es preciso en pavos ya que su única función conocida es la de formar parte de la molécula de cianocobalamina, reacción que no puede ser realizada por los enzimas endógenos en aves y mamíferos. Dentro de los microminerales merece prestarse especial atención al Cu. Este mineral es preciso para la formación de la hemoglobina y además es un componente esencial de numerosas enzimas relacionadas con los procesos de oxidación. Una deficiencia severa en Cu reduce la formación de elastina lo que provoca ruptura de la aorta en pavos. Niveles altos de Cu (> 50 ppm) provoca una respuesta productiva similar al uso de promotores de crecimiento (Aldinger, 1966; Kashani et al., 1986) pero estos niveles de uso no están permitidos en la

UE-15. Por otra parte, el exceso de Cu aumenta la viscosidad del contenido cecal lo que contribuye a la problemática de camas húmedas (Leeson et al., 1997b). Otro mineral de interés es el Se, ya mencionado en relación con la vitamina E. Una carencia en Se produce, además de los síntomas típicos de necrosis hepática y diátesis exudativa observados en otras especies, miopatía muscular de la molleja y del músculo cardíaco, problemas que están en parte relacionados con el estatus en vitamina E.

En los cuadros 9 y 10 se detallan las recomendaciones de diversos autores e instituciones sobre las necesidades en vitaminas y microminerales para pavos de 0 a 8 semanas y de 8 semanas a sacrificio. En estas mismas tablas se listan nuestras recomendaciones sobre composición de correctores comerciales en condiciones de campo. Estas recomendaciones llevan un amplio margen de seguridad que puede reducirse de forma notable para ciertas vitaminas en caso de disponer de un control adecuado de la fabricación de correctores y piensos y de su vida media en fábrica y granja.

Cuadro 9.- Recomendaciones sobre composición del corrector de pavos de 0 a 8 semanas. (Centros de investigación, fabricantes de vitaminas, compañías de genética y datos propios de los autores)

	INRA 89	Firman 93	Whitehead 93	NRC 94	Leeson 97	Ferket 00	Roche 02	BUT ¹		BASF 02	Autores 02
								99	01		
Vit. A, mil UI	10	4	11,7	5	9,5	12	13	15	11	12	10-12
Vit. D3, mil UI	1,5	0,9	5	1,1	2,7	4,5	4	5	5,5	3,8	2,2-4,0
Vit. E, UI	20	12	25	12	40	50	70	50	88	50	20-50
Vit. K3, ppm	4	1	4	1,75	2	3,5	3	5	5,5	2,5	2-4
Vit. B1, ppm	2	2	2	2	3	4	4	5	5,5	3,5	2-3
Vit. B2, ppm	6	3,6	6	4	6	12	15	8	9	12	6-10
Vit. B6, ppm	2	4,5	7	4,5	6	5	6	7	8	6	3,5-5,0
Vit. B12, ppb	15	30	15	3	14	25	35	20	22	35	15-20
Ac. fólico, ppm	1,2	1	2	1	1	2,5	2,5	3	3,3	2,5	1,4-2,2
Niacina, ppm	60	70	75	60	80	100	80	75	77	85	65-80
Ac. pantot., ppm	10	11	18	10	17	20	18	25	26	18	15-20
Biotina, ppb	300	200	180	250	250	400	250	300	220	225	150-220
Colina, ppm	800	1900 ²	400	1600 ²	1900 ²	+	800	400	880	1000	350-450
Fe, ppm	40	80		80	110	80		50	55	40	50-75
Cu, ppm	4	8		8	10	15		20	22	5	9-13
Zn, ppm	60	75		70	80	120		100	110	60	75-110
Mn, ppm	80	60		60	80	120		120	120	80	75-100
Co, ppm	0,2	-		-	-	-				0,2	0-0,01
Se, ppm	0,15	0,2		0,2	0,3	0,3		0,2	0,3	0,3	0,25-0,35
I, ppm	1	0,4		0,4	0,5	3		2	2,2	0,6	0,8-1,2

¹0 a 4 semanas.

²Total en dieta.

Cuadro 10.- Recomendaciones sobre composición del corrector de pavos a partir de las 8 semanas de vida. (Centros de investigación, fabricantes de vitaminas, compañías de genética y datos propios de los autores)

	INRA	Firman	Whitehead	NRC	Leeson	Ferket	Roche	BUT ¹	Basf	Autores
	89	93	93	94	97	00	02	01	02	02
Vit. A, mil UI	8	4	10	5	7	9	10	9	10	7-9
Vit. D3, mil UI	1,2	0,9	5	1,1	2,2	3	3	2,5	3	2-2,7
Vit. E, UI	15	10	25	10	20	30	35	35	35	15-30
Vit. K3, ppm	3	0,8	3	1	1,5	2,5	3	3	2,5	1,5-2,5
Vit. B1, ppm	1	2	0	2	2,5	2,5	2,5	1	2,5	1,2-1,8
Vit. B2, ppm	4	3	4	3	5	7	5,5	6	6	4-5,5
Vit. B6, ppm	0	3,5	3	3,5	3	3,5	4,5	4	4	1,7-3,0
Vit. B12, ppb	10	30	10	3	12	13	23	20	20	10-15
Ac. fólico, ppm	0,7	0,8	1	0,8	0,5	2	1,5	2	1,5	0,7-1,1
Niacina, ppm	40	50	65	50	60	65	65	50	60	45-60
Ac. pantot., ppm	5	9	10	9	15	13	12	15	12	9-15
Biotina, ppb	50	150	150	125	150	175	160	250 ¹	150	70-110
Colina, ppm	800	1300 ²	400	1100 ²	+	+	500	125 ¹	650	150-230
Fe, ppm	30	60		60	110	65		20		30-50
Cu, ppm	3	6		6	10	11		20		7-10
Zn, ppm	40	50		50	80	90		70		50-75
Mn, ppm	70	60		60	80	90		100		60-80
Co, ppm	0,2	-		-	-	-		-		0-0,01
Se, ppm	0,1	0,2		0,2	0,15	0,3		0,2		0,25-0,3
I, ppm	0,7	0,4		0,4	0,45	1,5		2		0,7-1,0

¹En EE.UU se recomiendan 190 ppb de biotina y 500 ppm de colina (BUTA, 2000)

²Total en dieta.

6.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se describen los principales puntos a considerar en formulación de piensos para pavos de engorde. Asimismo, se incluyen las recomendaciones nutricionales en función de la edad. Las recomendaciones de proteína y aminoácidos van enfocadas a producción de máximo de pechuga a nivel de despiece. En el caso del corrector se detalla un rango recomendado de uso en dietas prácticas. Los niveles inferiores ya llevan un margen de seguridad añadido y son suficientes en situaciones de producción normales. Los niveles superiores del rango permiten aumentar la seguridad ante situaciones imprevistas.

7.- REFERENCIAS

- ALDINGER, S.M. (1966) *Poultry Sci.* 45: 1065-1066.
- ATIA, F.A., WARBEL, P.E., HERMES, I., CARLSON, C.W. y WALSER, M.M. (2000) *Poultry Sci.* 79: 231-239.
- B.U.T. (1996) *B.U.T. Turkey Guide Performance goals*. British United Turkeys Limited. Chester, Reino Unido.
- B.U.T. (1999) *Guide de elevage*. BUT 9. British United Turkeys Limited. Chester, West Virginia, Reino Unido. 32 pp.

- B.U.T.A. (2001) *Commercial Stock Management Guide. BUT Turkey Guide, Big 6*. British United Turkeys of American Lewisburg, Virginia, EEUU. 36 pp.
- BAKER, D.H. y HAN, Y. (1994) *Poultry Sci.* 73: 1441-1447.
- BAKER, K.A., MOORE, D.T. y FIRMAN, J.D. (1999a) *Poultry Sci.* 78 (1): 71.
- BAKER, K.A., MOORE, D.T. y FIRMAN, J.D. (1999b) *Poultry Sci.* 78(1): 86.
- BAILEY, C.A., LINTON, S., BRISTER, R. y CREGER, C.R. (1986) *Poultry Sci.* 65: 1018-1020.
- BASF (2002) *Animal Nutrition Update. Recommendations for vitamin supplementation*. Basf Corporation. Mount Olive, New Jersey. EEUU.
- BLAIR, M.E. y POTTER, L.M. (1988) *Poultry Sci.* 67: 1281-1289.
- BOLING, S.D. y FIRMAN, J.D. (1997) *Poultry Sci.* 76: 873-877.
- BOLING, S.D. y FIRMAN, J.D. (1998) *Poultry Sci.* 77: 547-551.
- CAREW, L.B., MACHEMER, R.H., SHARP, R.W. y FOSS, D.C. (1972) *Poultry Sci.* 51: 738-746.
- CHAVEZ, E. y KRATZER, F.H. (1973) *Poultry Sci.* 52: 1542-1544.
- CHRISTMAS, R.B., HARMS, R.H. y RUIZ, N. (1986) *Poultry Sci.* 65: 2369-2371.
- COATES, B.J., SLINGER, S.J., SUMMERS, J.D. y BAYLEY, H.S. (1977) *Can. J. Anim. Sci.* 57: 195-207.
- FEDNA (1999) *Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos*. Fundación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal (Ed.). Madrid.
- FERKET, P., CURESHI, M.A. y GARLICH, J.D. (1993) En: *Proc. 20th Carolina Nutr. Conf. Feed Manuf.* pp. 1-21.
- FERKET, P. (1997) *Lohman Information* 20: 11-17.
- FERKET, P. (2000) *The Nutrition of Commercial Turkeys*. Multi-State Poultry Meeting. North Carolina State University, NC. EEUU. 12 pp.
- FIRMAN, J.D. (1993) *Nutrient requirements of chickens and turkeys*. Hoja técnica G8352. Department of Animal Science, University of Missouri, Columbia. 11 pp.
- FIRMAN, J.D. (1994) *Biokyowa Tech. Rev.* 7: 2-10. Nutr. Quest, Inc. Chesterfield, MO. EEUU.
- FIRMAN, J.D. y BOLING, S.D. (1998) *Poultry Sci.* 77: 105-110.
- FRAME, D.D., HOOGE, D.M. y CUTLER, R. (2001) *Poultry Sci.* 80: 1572-1577.
- FREEMAN, C.P. (1984) En: *Fats in Animal Nutrition*. J. Wiseman (Ed.). Butterworths, Londres. pp. 105-122.
- HARMS, R.H. (1982) *Poultry Sci.* 61: 2447-2449.
- HURWITZ, S., DUBROV, D., EISNER, U., RISENFELD, G. y BAR, A. (1978) *J. Nutr.* 108: 1329-1335.
- HURWITZ, S., PLAVNIK, I., BEN-GAL, I., TALPAZ, H. y BARTOV, I. (1983a) *Poultry Sci.* 62: 2387-2393.
- HURWITZ, S., BEN-GAL, I., BARTOV, I. y TALPAZ, H. (1983b) *Poultry Sci.* 62: 875-881.
- HYBRID (2000) *Feed ingredients in turkey nutrition*. Hybrid Turkeys, Kitchener, Ontario, Canadá. 7 pp.
- INRA (1989) *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. 2^a ed. INRA, París, Cedex, Francia. 282 pp.
- JENSEN, L.S. y FALEN, L. (1973) *Poultry Sci.* 52: 2342-2344.
- JOWSEY, J.R., BLAKELY, R.M. y MACGREGOR, H.I. (1958) *Poultry Sci.* 37: 1216.
- KAMYAB, A. y FIRMAN, J.D. (2000) *J. Appl. Poult. Res.* 9: 62-65.
- KASHANI, A.B., SAMIE, H., EMERICK, R.J. y CARLSON, C.W. (1986) *Poultry Sci.* 65: 1754-1759.
- KIDD, M.T., KEW, B.J., ENGLAND, J.A. y WALDROUP, P.W. (1997) *Poultry Sci.* 76: 1392-1397.
- KUMPOST, H.E. y SULLIVAN, T.W. (1966) *Poultry Sci.* 45: 1334-1339.
- LEESON, S., BOORMAN, K.N., LEWIS, D. y SHRIMPTON, D.H. (1974) *Brit. Poult. Sci.* 15: 185-189.

- LEESON, S., SUMMERS, J.D. y FERGUSON, A.E. (1976) *Poultry Sci.* 55: 2455-2460.
- LEESON, S. y ATTEH, J.O. (1995) *Poultry Sci.* 74: 2003-2010.
- LEESON, S. y SUMMERS, J.D. (1997a) *Commercial Poultry Nutrition*. 2ª ed. University Books. Guelph. Ontario. Canadá. 356 pp.
- LEESON, S., ZUBAAIR, A.K., SQUIRES, E.J. y FORSBERG, C. (1997b) *Poultry Sci.* 76: 59-66.
- LEHMANN, D., PACK, M. y JEROCH, H. (1996) *Poultry Sci.* 75: 711-718.
- LEHMANN, D., PACK, M. y JEROCH, H. (1997) *Poultry Sci.* 76: 696-702.
- LILBURN, M.S. y BARBOUR, G.A. (1996) En: *Proc. Arkansas Nutr. Conf. Feed Manuf.* Arkansas, EEUU. pp. 229-233.
- MAURICE, D.V., JONES, J.E., LIGHTSEY, S.F. y RHOADES, J.F. (1990) *Poultry Sci.* 69: 661-668.
- METZ, A.L., WALSER, M.M. y OLSON, W.G. (1985) *J. Nutr.* 115: 929-935.
- MITCHELL, N.H. y BLOCK, R.J. (1946) *J. Biol. Chem.* 163: 599-620.
- MOORE, D.T., BAKER, K. y FIRMAN, J.D. (2001) *J. Appl. Poult. Res.* 10: 363-370.
- MORAN, E.T. y FEKET, P. (1983) En: *Guelph Nutr. Conf. Feed Manuf.* Ontario, Canadá. pp. 104-109.
- MOSSAB, A., HALLOUIS, J.M. y LESSIRE, M. (2000) *Poultry Sci.* 79: 1326-1331.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1994) *Nutrient Requirements of Poultry*. 8th rev. ed. National Academic Press. Washington D.C., EEUU.
- NICHOLAS TURKEY BREEDING FARM (1997) *Turkey Management Guide*. Nicholas Turkey Breeders Farm, Sonoma, California, EEUU.
- NIXEY, C. (1982) *Feed Compounder* 2(2): 18-22.
- NIXEY, C. (1988) En: *Recent Adv. in Anim. Nutr.* W. Haresign y D.W.A. Cole (Eds.). Butterworths, Reino Unido. pp. 87-98.
- PACK, M. (2000) *Amino News* 1(2): 1-8. Degussa-Hüls. Alemania.
- PLAVNIK, I., WAX, E., SKLAN, D. y HURWITH, S. (1997) *Poultry Sci.* 76: 1006-1013.
- POTCHANAKORN, M. y POTTER, L.M. (1997) *Poultry Sci.* 66: 505-513.
- POTTER (1986) *Feeding turkeys*. Five State Nutr. Conf. Purdue University, Lafayette, Illinois, EEUU. 13 pp.
- REECE, W.O., SELL, J.L., TRAMPLE, D.W. y CHRISTENSEN, N.F. (2000) *Poultry Sci.* 79: 1120-1126.
- ROCHE (2002) *Roche vitamin supplementation guidelines for domestic animals*. Update 2. Hoffman-La Roche Lintied. Cambridge. Ontario.
- RUIZ, N. y HARMS, R.H. (1990) *Poultry Sci.* 69: 446-452.
- RUSSELL, W.C., TAYLOR, M.W. y DERBY, J.V. (1947) *J. Nutr.* 34: 621-632.
- SCHUTTE, J.B. y VAN WEERDEN, E.J. (1988) *Zootecnia International*. June: 48-49.
- SCOTT, M.L. (1956) *J. Amer. Diet. Assoc.* 34: 154-156.
- SCOTT, M.L. (1959) *J. Amer. Diet. Assoc.* 38: 247-259.
- SCOTT, M.L., BUTTERS, H.E. y RANIT, G.O. (1962) *J. Nutr.* 78: 223-230.
- SCOTT, M.L. (1986) *Nutrition of humans and selected animal species*. John Wiley & Sons. New York, EEUU.
- SCOTT, M.L. (1987) *The Nutrition of the Turkey*. M.L. Scott of Ithaca. Ithaca, New York. 180 pp.
- SELL, J.L. y OWINGS, W.J. (1984) *Poultry Sci.* 63: 1184-1189.
- SELL, J.L., HASIAK, R.J. y OWINGS, W.J. (1985) *Poultry Sci.* 64: 1527-1535.
- SELL, J.L. (1996) *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 229-240.
- SELL, J.L., TRAMPEL, D.W. y GRIFFITH, R.W. (1997a) *Poultry Sci.* 76: 1682-1687.
- SELL, J.L., SOTO-SALANOVA, M.F., PALO, P. y JEFFREY, M. (1997b) *Poultry Sci.* 76: 1405-1417.
- SKLAN, D., MELAMED, D. y FRIEDMAN, A. (1995) *Brit. Poult. Sci.* 36: 385-392.
- SLINGER, S.J., SIBBALD, I.R. y PEPPER, W.F. (1964) *Poultry Sci.* 43: 329-333.

- SOTO-SALANOVA, M.F., SELL, J.L., MALLARINO, E.G., PIQUER, F.J., BARKER, D.L., PALO, P.E. y EWAN, R.C. (1993) *Poultry Sci.* 72: 1184-1188.
- SUMMERS, J.D., LEESON, S., BEDFORD, M. y SPRATT, D. (1985) *Poultry Sci.* 64: 1921-1933.
- THOMPSON, K.C., FIRMAN, J.D. y LANGENDOERFER, D. (1999) *Poultry Sci.* 78(1): 1015.
- TOUCHBURN, S.P. y NABER, E.C. (1969) *Fed Proc.* 28: 306.
- TURNER, K.A., APPLGATE, T.J. y LILBURN, M.S. (1999a) *Poultry Sci.* 78: 1581-1587.
- TURNER, K.A., APPLGATE, T.J. y LILBURN, M.S. (1999b) *Poultry Sci.* 78: 1573-1580.
- TUTTLE, W.L. y BALLOUN, S.L. (1974) *Poultry Sci.* 53: 1698-1704.
- WAIBEL, P.E., NAHORNIK, N.A., DZIUK, H.E., WALSER, M.M. y OLSON, W.G. (1984) *Poultry Sci.* 63: 730-737.
- WAIBEL, P.E., CARLSON, C.W., BRANNON, J.A. y NOLL, S.L. (1998) *J. Appl. Poult. Res.* 7: 1-18.
- WAIBEL, P.E., CARLSON, C.W., BRANNON, J.A. y NOLL, S.L. (2000) *Poultry Sci.* 79: 1290-1298.
- WALDROUP, P.W., ADAMS, M.H. y WALDROUP, A.L. (1997a) *Poultry Sci.* 76: 711-720.
- WALDROUP, P.W., ENGLAND, J.A., WALDROUP, A.L. y ANTHONY, N.B. (1997b) *Poultry Sci.* 76: 1543-1555.
- WALDROUP, P.W., ENGLAND, J.A. y KIDD, M.T. (1998) *Poultry Sci.* 77: 1020-1023.
- WARNICK, R.E. y ANDERSON, J.O. (1973) *Poultry Sci.* 52: 445-452.