

ÚLTIMOS AVANCES EN NUTRICIÓN DE AVES

J.L. Sell

Departamento de Producción Animal
Universidad de Iowa. Ames, IA U.S.A.

1.- INTRODUCCION

Algunos de los temas tratados en este artículo son avances recientes en la nutrición avícola mientras que otros deberían ser tratados más propiamente como un resurgimiento de aspectos de la nutrición de aves. La selección de estos temas refleja las preferencias del autor. Para una mayor profundización en la materia, se recomienda la revisión hecha por Williams (1997).

2.- LA NUTRICIÓN DURANTE LOS PRIMEROS DÍAS DE VIDA

Tras la eclosión del huevo, los pollitos no están preparados para afrontar el entorno que les rodea. Durante el desarrollo embrionario el huevo les proporciona los nutrientes que necesitan y, tras la eclosión, el resto de la yema del huevo remanente en la cavidad abdominal les proporciona un pequeño aporte de nutrientes. Este suplemento nutritivo es reabsorbido en los 4 ó 5 primeros días de vida (Sell et al., 1991; Murakami et al., 1992). Por tanto, los pollitos jóvenes deben obtener y utilizar los nutrientes de la dieta poco tiempo después de la eclosión.

Aunque el tracto digestivo tiene un desarrollado considerable en el momento del nacimiento, el sistema digestivo es todavía inmaduro (Lilja, 1983; Nitsan et al., 1991; Sell et al., 1991). Estudios hechos con pollitos jóvenes demuestran que, aunque el peso del tracto gastrointestinal aumenta muy rápidamente tras el nacimiento, la máxima proporción de los distintos segmentos del tracto, incluyendo el páncreas, sobre el peso vivo del ave no se alcanza hasta los 5 u 8 días tras el nacimiento (Nitsan et al., 1991; Sell et al., 1991; Dunnington y Siegel, 1995; Dror et al., 1997) (Cuadro 1). Este aumento de peso es debido a un incremento en la longitud y volumen de las microvellosidades y a un aumento del número de enterocitos por vellosidad (Uni et al., 1995). Al mismo tiempo, la actividad de las enzimas digestivas sintetizadas por el páncreas es relativamente baja en el momento del nacimiento, aunque aumenta rápidamente (Sell et al., 1991; O'Sullivan et al., 1992; Nir et al., 1993). En la membrana del intestino delgado las enzimas tienden a disminuir poco después del nacimiento, aumentando de forma gradual posteriormente (Sell et al., 1991; Mahagna y Nir, 1996). Los mecanismos de absorción del intestino están bien desarrollados en el momento de la eclosión

y tienden a continuar su desarrollo hasta igualar o incluso rebasar ligeramente el consumo de nutrientes (Obst y Diamond, 1992).

El desarrollo del tracto digestivo depende, en parte, de la ingestión de pienso y agua poco después del nacimiento. La práctica de retrasar la colocación de los pollitos y/o el acceso al pienso y al agua supone normalmente una mayor mortalidad (Fanguy et al., 1980) y un peor rendimiento productivo (Wyatt et al., 1985; Pinchasov y Noy, 1993; Moran, 1996). Los datos que se muestran en el cuadro 2 reflejan que un ayuno de 24 horas de pienso y agua en broilers supuso una reducción del peso vivo a los 21 días y una mayor mortalidad hasta los 42 días de vida si lo comparamos con pollitos a los que se les suministró agua y pienso tras el nacimiento (Moran, 1996). Indudablemente, estos efectos se producen porque la ingesta de nutrientes mejora en gran medida el desarrollo físico y funcional de los intestinos (Baranyiova, 1972; Baranyiova y Holman, 1976) (H. Xin, Universidad de Iowa, datos no publicados).

La composición nutricional de la dieta parece ser también de vital importancia, ya que los pollitos pasan de tener como principal fuente energética los lípidos a los hidratos de carbono. La ingesta temprana de carbohidratos es necesaria para el desarrollo del metabolismo de la energía en pollitos (Thaxton y Parkhurst, 1976; Moran, 1990) y para que se constituyan rápidamente las reservas de glucógeno en el hígado (Donaldson et al., 1992). Moran (1996) encontró que suministrando a los pollitos maíz como fuente de almidón más vitaminas y minerales durante los 3 primeros días de vida se obtenía un mejor desarrollo durante los 21 primeros días que si se alimentaban con una dieta starter convencional.

3.- SUPLEMENTACIÓN CON ENZIMAS

Una vez física y funcionalmente maduro, el tracto gastrointestinal de las aves tiene limitaciones en la capacidad digestiva. Estas limitaciones incluyen la carencia de enzimas que faciliten la digestión de los polisacáridos no solubles (NSP) (celulosa, pentosanos, β -glucanos y oligopolisacáridos), del ácido fítico y de ciertas proteínas. Se ha progresado mucho en la obtención de enzimas que, cuando se incluyen en la dieta, mejoran la utilización de algunos de estos compuestos. Es una práctica común la suplementación de dietas con cantidades elevadas de cebada, trigo o centeno con β -glucanasas y/o xilanasas. Estas enzimas mejoran la utilización de los nutrientes ya que rompen las paredes celulares permitiendo un mejor acceso de las enzimas endógenas a los nutrientes e inactivan factores antinutricionales de los granos de cereales y fuentes proteicas vegetales (Soto-Salanova y Wyatt, 1997). Además, las β -glucanasas y xilanasas añadidas actúan principalmente reduciendo la viscosidad de la digesta causada por la presencia de NSP de cebada y trigo, respectivamente, y mejoran la digestibilidad y la utilización de los nutrientes (Hesselman y Aman, 1986; Bedford y Classen, 1992; Brenes et al., 1993; Almirall y Esteve-García, 1995). Otros beneficios de la utilización de enzimas son la disminución de la humedad y la producción de amoníaco de la yacija.

Cuadro 1.- Cambios con la edad del peso relativo de las distintas partes del tracto gastrointestinal (TGI) de pollos y pollitas durante el desarrollo postembrionario

Tipo de ave	Componentes del TGI	Porcentaje del peso vivo		Tiempo postembrionario al pico (días)	Referencias
		Al nacimiento	En el pico del desarrollo		
Pollo de carne	Proventrículo	0,5-0,9	1,4-1,7	3-5	(Dror et al.,1977; Murakami et al.,1992; Nitsan et al.,1991) ¹ (Dror et al.,1977; Murakami et al.,1992; Nitsan et al.,1991) ¹ (Murakami et al.,1992; Nitsan et al.,1991; Nir et al., 1993) ¹ (Dror et al.,1977; Nitsan et al.,1991; Nir et al., 1993) ¹
	Molleja	3,1-4,0	5,8-6,1	3-4	
	Int. delgado	1,2-2,6	6,2-6,6	5-7	
	Páncreas	0,1-0,2	0,5-0,8	8-9	
	Hígado	2,5-2,8	3,8-4,8	6-8	
Pavo	Proventrículo	0,55	1,15	8	(Sell et al., 1991) (Sell et al.,1991; Vilaseca,1993) (Sell et al.,1991) (Sell et al.,1991) (Vilaseca,1991)
	Molleja	3,3-3,6	4,3-4,4	5-6	
	Int. delgado	1,5	7,0	6	
	Páncreas	0,12-0,16	0,41-0,44	6	
	Hígado	2,7-3,0	3,6-4,4	3-5	

¹ En estos trabajos los datos se presentaron gráficamente. Los valores numéricos se estimaron a partir de los gráficos

Cuadro 2.- Influencia del tiempo de acceso al pienso y al agua tras el nacimiento sobre el rendimiento productivo de los pollos (Moran, 1996)

Acceso al pienso y al agua	21 días de edad		42 días de edad		
	Ganancia de peso	Pienso/ganancia	Ganancia de peso	Pienso/ganancia	Mortalidad
Inmediato ¹	647 ^{a2}	1,64	1479	1,94	3,8 ^b
24 h de ayuno	598 ^b	1,65	1442	1,94	7,0 ^a

¹ Tiempo después del nacimiento

² Las medias de la columna que no tengan la misma letra como superíndice son significativamente distintas ($P \leq 0,05$)

Últimamente se ha progresado mucho en la obtención de enzimas que incrementen la digestibilidad de los oligosacáridos de la harina de soja. En este sentido, se han obtenido buenos resultados en broilers con la suplementación de α -disacaridasas. El principal efecto positivo de la suplementación con α -galactosidasas es la mejora del índice de conversión, observada principalmente durante períodos en los que el consumo de los broilers es elevado (Sell, J. L., datos no publicados). Igualmente, se están estudiando los efectos de la adición de proteasas y amilasas a la dieta.

También se están utilizando fitasas en dietas avícolas con el fin de mejorar la utilización del fósforo (P) del ácido fítico, especialmente cuando se emplean harina de soja y otras materias primas vegetales que contienen cantidades considerables de ácido fítico. (Schoner et al., 1991; Simmons y Versteegh, 1992; Qian et al., 1996). El efecto de las fitasas es especialmente importante a nivel económico, ya que permite reducir el nivel de P excretado por las aves, reduciéndose así la contaminación medioambiental que, día a día va adquiriendo mayor importancia. Además, la suplementación con fitasas mejora la utilización de otros nutrientes. En algunos estudios se ha podido observar que la adición de fitasas a dietas que contienen harina de soja aumenta la absorción y retención de zinc (Thiel et al., 1993) y de nitrógeno (Yi et al., 1996). Sin embargo, todavía queda por determinar cuáles son las concentraciones de fitasas económicamente rentables según las distintas situaciones y diferentes tipos de aves.

4.- CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS CON CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES MEJORADAS

Hasta ahora, los programas de mejora y selección genética de los cultivos fueron enfocados principalmente con el fin de obtener mayores rendimientos de cosecha por hectárea,

prestando poca atención a la calidad nutricional para los animales. Recientemente, se está haciendo énfasis sobre la posibilidad de cambiar genéticamente la composición de nutrientes de ciertos cultivos para mejorar su utilización como alimento para el ganado. Dos ejemplos clave son el maíz amarillo y la soja.

4.1.- Maíz enriquecido en aceite

Desde 1896, se han conseguido importantes progresos en los E.E.U.U. en selección genética enfocada a modificar el contenido en proteína y aceite del maíz. En 1989, en la estación experimental de la Universidad de Illinois, se completaron noventa generaciones de selección para el contenido en aceite. Los resultados fueron cultivares divergentes de maíz, uno que contenía un 20% y otro con tan sólo un 1% de aceite (Woodworth et al., 1952). Últimamente, se ha impuesto la selección para obtener unas características agronómicas aceptables en los cultivares de maíz con alto contenido en aceite (HOC) y actualmente son comercializados algunos de estos híbridos de HOC. Indudablemente, algunos de estos serán ampliamente utilizados en un futuro no muy lejano.

El término “maíz con alto contenido en aceite” indica sólo parte de las diferencias nutricionales existentes entre el HOC y el maíz amarillo convencional (YDC). Dado que el aumento del contenido en aceite del HOC se ha obtenido incrementando la proporción de germen respecto a la de endospermo del grano, la concentración de proteína y aminoácidos del HCO suele ser mayor que la del YDC. En la Tabla 3 (Araba, 1997) se muestra un ejemplo de las características nutricionales de un HCO y un YDC. Así, la concentración de grasa bruta (aceite) es de 6,5% vs. 3,6% y de proteína bruta 8,4 vs. 7,9% en el HCO y el YDC, respectivamente. Debido al aumento en el contenido de aceite, la energía metabolizable verdadera corregida en nitrógeno (TME_N) del HCO también es superior a la del YDC. Por ejemplo, Han et al. (1987) encontraron que el HCO con un contenido de 6,0% de aceite presentaba un valor de TME_N un 4,5% superior para los pollos que el YDC con un 2,8% de aceite. Dale y Whittle (1991) determinaron el valor de la TME_N de maíces de entre 3,4 y 17,1% de aceite y encontraron que la TME_N aumentaba linealmente cuando se incrementa la concentración de aceite del maíz. Araba (1996) utilizó 58 muestras de maíz para desarrollar una ecuación que predijera la TME_N de este cereal con diferentes contenidos de aceite. La ecuación es la siguiente:

$$TME_N (\text{kJ/g materia seca}) = 15,62 + 0,226 (\% \text{ aceite})$$

o

$$TME_N (\text{kcal/g materia seca}) = 3,734 + 0,0539 (\% \text{ aceite})$$

Trabajos de Zhang et al. (1995) muestran que los aminoácidos en el HOC son generalmente más digestibles que en el YDC. Los datos que se presentan en la Tabla 4 indican que los coeficientes de digestibilidad verdadera de los aminoácidos fueron notablemente superiores en el HOC (6,6% de aceite) que en el YDC (4,3% de aceite). Estas diferencias en la digestibilidad de los aminoácidos reflejan un aumento de la proporción de proteína del germen

con respecto a la del endospermo en las variedades HOC, comparada con las proteínas del YDC.

A medida que el contenido en aceite aumenta en el HOC, se produce un cambio en la composición en ácidos grasos de ese aceite, aumentando el contenido en ácido oleico y disminuyendo el de ácido linoleico (Araba, 1997). Asimismo, el contenido en tocoferol (vitamina E) también se ve incrementado. Trabajos recientes realizados con broilers indican que estos cambios proporcionan una mayor estabilidad frente a la oxidación de la carne de los broilers que fueron alimentados con HOC con respecto a los que consumieron YDC (Araba, 1996).

Cuadro 3.- Composición de un maíz convencional y uno con alto contenido en aceite producidos en el Norte-Centro de EE.UU y disponible a nivel comercial. (Araba, 1997)

Valor nutricional	Maíz convencional (%)	Maíz alto en aceite (%)
Humedad	14	14
Proteína bruta	7,9	8,4
Grasa bruta	3,8	6,5
Fibra bruta	2,0	2,2
Lisina	0,25	0,29
Aminoácidos azufrados totales	0,37	0,40
Treonina	0,29	0,32
TME _N aves, Kcal/g	3,390	3,560
TME _N aves, KJ/g	14,18	14,90

Cuadro 4.- Digestibilidad real de los aminoácidos para el maíz convencional y con alto contenido en aceite (Zhang et al., 1995)

Aminoácido	Maíz convencional (%)	Maíz rico en aceite (%)
Grasa bruta	4,3	6,6
Arginina	79,3	95,4
Histidina	81,2	87,7
Isoleucina	84,2	100,0
Leucina	92,4	99,0
Lisina	79,3	92,8
Metionina	83,0	92,1
Cistina	65,2	85,4
Treonina	67,4	79,8
Valina	85,8	100,8

Las propiedades nutricionales del HOC hacen que éste sea una alternativa atractiva

para usar en dietas relativamente concentradas de pollos. Además, HOC puede permitir un aumento energético de la dieta económicamente rentable en aquellas zonas en las que la adición de grasa supone un elevado coste o no es posible.

Estudios realizados con broilers y pavos muestran que el HOC puede ser utilizado de una manera efectiva para reemplazar al YDC y a parte de la grasa añadida de los piensos (Han et al., 1987; Adams et al., 1994; Araba, 1996; Mireles et al., 1996). Recientemente, Saleh et al. (1997) compararon un HOC (5,7% de aceite) con un YDC (3,66% de aceite) en piensos para pollos broiler formulados con cinco contenidos energéticos distintos. Dentro de cada nivel energético, las dietas con YDC o HOC eran isoenergéticas pero no isoproteicas. El peso vivo a los 42 días de edad y el índice de conversión no se vieron afectados por el tipo de maíz (Cuadro 5). Sin embargo, el contenido de grasa abdominal se redujo ($P \leq 0,05$) en los pollos alimentados con las dietas que contenían HOC. Esta reducción del contenido de grasa abdominal con el HOC puede haber sido debida al contenido proteico ligeramente superior que presentaban las dietas con HOC.

Cuadro 5.- Rendimiento de los pollos alimentados con dietas a base de maíz convencional o rico en aceite de 1 a 42 días de edad (Saleh et al., 1997)

	Convencional (%)			Rico en aceite (%)		
	12,97/ 13,18 ¹	13,39/ 13,60	13,81/ 14,02	12,97/ 13,18	13,39/ 13,60	3,81/ 14,02
Peso vivo/g/pollo	2254	2284	2349	2275	2300	2348
Pienso/ganancia ²	1,88	1,85	1,80	1,86	1,84	1,80
Grasa abdominal,% peso vivo ³	3,07	3,18	2,97	2,81	2,96	2,77

¹ ME_n, KJ/g de las dietas de inicio/crecimiento

² Efecto de la concentración de ME_N fue significativo ($P \leq 0,05$)

³ El efecto principal tipo de maíz fue significativo ($P \leq 0,05$)

El posible impacto de la utilización de HOC en las dietas de aves sobre la composición y coste de las mismas se puede determinar mediante formulación comparativa. Por ejemplo, se formularon dos dietas para pollos broiler entre 3 y 6 semanas de edad utilizando maíz convencional o un maíz con alto contenido en aceite y se emplearon los precios del mercado de la zona de Madrid en Julio de 1997. Se asumió que el YDC y el HOC contenían un 7,9% de proteína bruta, 3,8% de aceite, 13,61 kJ ME/g y un 8,4% de proteína bruta, 6,5% de aceite y 14,87% kJ ME/g, respectivamente. Las fórmulas de ambas dietas de crecimiento de los broilers se muestran en el Cuadro 6. En las dietas con el HOC se necesitó menor nivel de grasa añadida para alcanzar la concentración energética deseada e, igualmente, menor cantidad de harina de soja. Como consecuencia de esos cambios, el precio que supuso el HOC en este ejemplo fue de 28,6 pts/kg y de 26,2 pts/kg para el YDC. Por supuesto, el valor relativo del

HOC depende del precio de la grasa añadida y de la principal fuente proteica del pienso, así como del tipo de dieta formulada.

La posibilidad de usar HOC en los piensos para aves depende de diversos factores que incluyen la extensión de terreno dedicado a su producción, la implantación de métodos rápidos y fiables que determinen las características nutricionales del HOC (análisis NIR) y el desarrollo y la utilización de medios para conservar la identidad del HOC como un producto para nutrición animal. Los beneficios que se podrían obtener de este maíz podrían hacer que estos esfuerzos merecieran la pena. Dichas ventajas incluyen un descenso en los costes del pienso, una disminución en el nivel de grasa añadida necesario para obtener dietas concentradas, una menor necesidad de suplementación con materias primas proteicas y ciertos aminoácidos, un menor consumo de energía eléctrica para granular los piensos (Engelke, 1996) y un mejor conocimiento de la calidad del maíz por medio de la utilización de sistemas de preservación de la identidad del cereal.

Cuadro 6.- Ejemplos de dietas para crecimiento de pollos formuladas usando maíz normal o con alto contenido en aceite y con los precios del mercado del área de Madrid

	%	
Maíz convencional ¹	44,90	-
Maíz alto en aceite ²	-	48,28*
Harina de soja (44% PB)	26,0	24,78*
Mandioca	10,00	10,00
Grasa	6,50	4,34*
Harina de germen de maíz	5,00	5,00
Harina de carne y hueso	5,00	5,00
Fosfato dicálcico	0,70	0,70
Carbonato cálcico	0,20	0,30
Sal	0,30	0,20
DL-metionina	0,10	0,10
Corrector vit.+min.	1,30	1,30
Energía metabolizable, KJ/g	12,97	12,97
Proteína	18,8	18,8
Aminoácidos azufrados totales	0,71	0,72
Metionina	0,41	0,42
Lisina	1,00	1,00
Calcio	0,85	0,85
Fósforo no fítico	0,50	0,50

¹ Se asume que el maíz convencional contiene 7,9% de proteína bruta, 3,8% de aceite y 13,61 KJ EM/g

² Se asume que el maíz con alto contenido en aceite contiene 8,4% de proteína bruta, 6,5% de aceite y 14,81 KJ EM/g

4.1.- Soja con bajo contenido en oligosacáridos

Se han obtenido notables progresos en la modificación genética de la soja, hasta el punto en que la producción de la harina procedente de este tipo de soja modificada prácticamente no contiene oligosacáridos. Esta alteración en la composición de la harina de soja es de un interés muy especial para los nutricionistas dado que existen evidencias de que los oligosacáridos, rafinosa y estaquiosa, son pobremente utilizados por las aves, dando lugar a un valor de ME_N relativamente bajo en aves (10,21 kJ/g) frente a cerdos (14,16 kJ/g). Actualmente, se están desarrollando cultivares de soja que contienen valores mínimos o inapreciables de oligosacáridos (Productos Agrícolas Dupont, comunicación personal). Todavía no se dispone de cantidades suficientes de estas nuevas sojas para su uso en nutrición animal salvo para ensayos con aves a pequeña escala, aunque sin duda dichos cultivares saldrán al mercado en pocos años.

Existe un cultivar de soja con un especial interés dado que no solamente no contiene rafinosa y estaquiosa, sino que además contiene más proteína y un 60% menos de fósforo fítico que la soja convencional. Esta disminución en el contenido de fósforo fítico supone un aumento equivalente del fósforo inorgánico (disponible) de la soja. Esta alteración en la distribución del fósforo en la soja puede ser de gran importancia medioambiental y económica.

5.- VITAMINA E

Aunque se sabe que la vitamina E es un nutriente importante, existen trabajos recientes llevados a cabo en laboratorios de investigación y a nivel de campo que indican que nuestro conocimiento sobre los factores que afectan a las necesidades en esta vitamina E es aún escaso. Actualmente hay dos aspectos clave al respecto: la cantidad requerida de vitamina E en la dieta para mantener un buen estado sanitario de las aves y la cantidad necesaria de vitamina E cuando los animales están expuestos a distintas situaciones de estrés. Se ha visto que la capacidad de resistencia de las aves a ciertas enfermedades aumenta cuando se añaden altas concentraciones de vitamina E en la dieta (de 150 a 300 UI/kg) (Nockels, 1979; McIlroy et al., 1993).

Investigaciones recientes muestran que un incremento del nivel de vitamina E disminuye la incidencia de ascitis en broilers y los efectos del estrés térmico en gallinas de puesta. Por ejemplo, Botje et al. (1995) observó que un implante que liberaba 15 mg de vitamina E durante un periodo de 21 días, mejoraba marcadamente el estatus antioxidante y disminuía el índice de mortalidad de los broilers por ascitis. El aporte "extra" de vitamina E que proporcionaba el implante era equivalente a unas 25 UI/kg de pienso (suponiendo un 100% de absorción) y el pienso contenía 10 UI de vitamina E/kg.

Normalmente el calor produce efectos negativos en la producción de gallinas ponedoras. Williams et al. (1995) utilizaron niveles de vitamina E en el pienso de gallinas ponedoras de 10, 100 ó 500 UI. Cuando la temperatura ambiente era de 22°C, el nivel de

vitamina E no produjo ningún efecto sobre el rendimiento de las gallinas. Sin embargo, si la temperatura era de 35°C durante 28 días, las gallinas alimentadas con la dieta que contenía 500 UI/kg mantuvieron una producción de huevos significativamente superior a las que consumían la dieta con 10 UI de vitamina E/kg, prolongándose dicho efecto positivo tras la desaparición del estrés térmico. Trabajos posteriores proponen 250 mg de vitamina E (α -tocoferol) por kg de pienso como concentración óptima para reducir los efectos del estrés térmico (Whitehead et al., citado por Williams, 1997).

6.- OTROS ASPECTOS DE INTERÉS

1. Producción de huevos enriquecidos en:
 - Ácidos grasos w-3
 - Vitamina E
 - Ácido linoleico conjugado
 - Anticuerpos para determinadas enfermedades
2. Utilización de nutrientes más eficientes
 - 25 hidroxí colecalciferol
3. Control del tiempo de retirada del pienso antes del sacrificio para disminuir la contaminación de las canales de los pollos.

En este trabajo se han presentado únicamente algunos de los avances recientes en el campo de la nutrición avícola con un posible valor comercial. Para poder mantener una producción eficiente y rentable se necesitarán nuevos trabajos en nutrición y programas de alimentación y su aplicación en producción avícola comercial.

7.- REFERENCIAS

- ADAMS, M., WATKINS, S., WALDROUP, A., WALDROUP, P. y FLETCHER, D. (1994) *J. Appl. Poultry Res.* **3**:146.
- ALMIRALL, M. y ESTEVE-GARCIA, E. (1995) *J. Nutr.* **125**:947.
- ARABA, M. (1996) *Use of high-oil corn in poultry feeds*. P. 57-68 in Proc. 23rd Annual Carolina Poultry Nutrition Conference. Charlotte, NC. Carolina Feed Industry Assoc., Sanford, NC.
- ARABA, M. (1997) *Impact of different grain varieties on poultry feed manufacturing*. p. 1-18 in Proc. Multi-State Poultry Feeding and Nutrition Conference. Indianapolis, IN., Conference Coordinator, Purdue Univ., West Lafayette, IN.
- BARANYIOVA, E. (1972) *Acta Vet. Brno* **41**:373.
- BARANYIOVA, E. y HOLMAN, J. (1976) *Acta Vet. Brno* **45**:151.
- BEDFORD, M.R. y CLASSEN, H.L. (1992) *J. Nutr.* **122**:560.
- BOTTJE, W., ENKVETCHAKUL, B., MOORE, R. y MCNEW, R. (1995) *Poultry Sci.* **74**:1356.
- BRENES, A., SMITH, M., GUENTER, W. y MARQUARDT, R.R. (1993) *Poultry Sci.* **72**:1731.
- DALE, N. y WHITTLE, E. (1991) *Poultry Sci.* **70** (Suppl. 1):32. (Abstr.).

- DONALDSON, W., BREWER, C., FERKET, P. y CHRISTENSEN, V. (1992) *Poultry Sci.* **71**:128.
- DROR, Y., NIR, I. y NITSAN, Z. (1977) *Br. Poultry Sci.* **18**:493.
- DUNNINGTON, E. y SIEGEL, P. (1995) *Poultry Sci.* **74**:761.
- ENGELKE, G. (1996) *Feeding new corn varieties to poultry*. p. 321-326 in Proc. 57th Minnesota Nutrition Conference, Bloomington, MN.
- FANGUY, R., MISRA, L., VO, K., BLOHOWIAK, C. y KRUEGER, W.F. (1980) *Poultry Sci.* **59**:1215.
- HAN, Y., PARSONS, C. ALEXANDER, D. (1987) *Poultry Sci.* **66**:103.
- HESSELMAN, K. y AMAN, P. (1986) *Anim. Feed Sci. Technol.* **15**:83.
- LILJA, C. (1983) *Growth* **47**:317.
- MAHAGNA, M. y NIR, I. (1996) *Br. Poultry Sci.* **37**:359.
- MCILROY, S., GOODALL, E., RICE, D., McNULTY, M. y KENNEDY, D. (1993) *Avian Pathol.* **22**:81.
- MIRELES, A., ARABA, M. y KIM, S. (1996) *Poultry Sci.* **75** (Suppl. 1):66 (Abstr.).
- MORAN, Jr., E. (1990) *Poultry Sci.* **69**:1718.
- MORAN, Jr., E. (1996) *Feeding broilers at placement*. p. 11-17 in Proc. 23rd Annual Carolina Nutrition Conference, Charlotte, NC. Carolina Feed Industry Assoc., Sanford, NC.
- MURAKAMI, H., AKIBA, Y. y HORIGUCHI, M. (1992) *Growth, Development and Aging*. **56**:75.
- NIR, I., NITSAN, Z. y MAHAGNA, M. (1993) *Br. Poultry Sci.* **34**:523.
- NITSAN, Z., DUNNINGTON, E. y SIEGEL, P. (1991) *Poultry Sci.* **70**:2040.
- NOCKELS, C. (1979) *Fed. Proc.* **38**:2134.
- OBST, B. y DIAMOND, J. (1992) *Auk* **109**:451.
- O'SULLIVAN, N., DUNNINGTON, E., LARSEN, A. y SIEGEL, P. (1992) *Poultry Sci.* **71**:610.
- PINCHASOV, Y. y NOY, Y. (1993) *Br. Poultry Sci.* **34**:111.
- QIAN, H., KORNEGAY, E.T. y DENBOW, D.M. (1996) *Poultry Sci.* **75**:69.
- SALEH, E., WATKINS, S., ENGLAND, J. y WALDROUP, P. (1997) *J. Appl. Poultry Res.* **6**:107.
- SCHONER, F.J., HOPPE, P.P. y SCHWARZ, G. (1991) *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* **66**:248.
- SELL, J., ANGEL, C., PIQUER, F., MALLARINO, E. y AL-BATSHAN, H. (1991) *Poultry Sci.* **70**:1200.
- SIMMONS, P.C.M. y VERSTEEGH, H.A.J. (1992) *Role of phytases in poultry nutrition, in Enzymes in Animal Nutrition*, Wenk, C. and Boessinger, M., Eds., Proc. 1st Symp. Kartause Ittingen, Switzerland, Oct. 13-16, p 192.
- SOTO-SALANOVA, M.F. y WYATT, C.L. (1997) *How do feed enzymes help you realize the full potential from alternative feed ingredients* pp. 9-19. In Proc. Midwest Poultry Convention, Midwest Poultry Federation, St. Paul, MN., U.S.A.
- THAXTON, J.P. y PARKHURST, C. (1976) *Poultry Sci.* **55**:2275.
- THIEL, U., WEIGAND, W., SCHONER, F.J. y HOPPE, P.P. (1993) *Zinc retention of broiler chickens as affected by dietary supplementation of zinc and microbial phytase*, in Proc. 8th Int. Symp. Trace Elements in Man and Animals (TEMA-), Anke, M., Meissner, D. and Mills, C. F., Eds., Dresden, Gersdorf, 658-659.
- UNI, Z., NOY, Y. y SKLAN, D. (1995) *Poultry Sci.* **74**:1622.
- VILASECA, L. (1993) *Effect of age and dietary bulk on performance, intestinal characteristics, and severity of stunting syndrome in turkey poults*. Master of Science Thesis, Iowa State University Library, Ames, IA, U.S.A.
- WILLIAMS, P. E. (1997) *World's Poultry Sci.* **53**:33.
- WILLIAMS, P., BOLLENGIER, S., MITCHELL, M. y WHITEHEAD, C. (1995) *Effects of elevated levels of dietary vitamin E on responses of poultry to heat stress*. XVII Siminário Avícola Internacional de AMEVEA,, Santafé de Bogota, D.C., Colombia.

- WOODWORTH, C., LENG, E. y JUGENHEIMER, R. (1952) *Agronomy J.* 44:60.
WYATT, C., WEAVER W. y BEANE, W. (1985) *Poultry Sci.* 64:2049.
YI, Z., KORNEGAY, E.T. y DENBOW, D.M. (1996) *Poultry Sci.* 75:979.
ZHANG, Y., PARSONS, C. y ARABA, M. (1995) *Poultry Sci.* 74: (Suppl. 1):129 (Abstr.).

FEDNA