

## NIVELES ÓPTIMOS DE AMINOÁCIDOS EN PIENSOS PARA POLLOS BROILER

Johann Fickler y Andreas Lemme  
Evonik-Degussa GmbH, Hanau, Germany

### 1.- INFLUENCIA DE ASPECTOS ECONÓMICOS EN LOS REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS PARA AVES

En orden a formular piensos compuestos de forma adecuada, los nutricionistas necesitan especificar los niveles mínimos de energía y de los nutrientes importantes, incluyendo los aminoácidos esenciales. Sin embargo, no sólo los mínimos son importantes. Las interacciones entre nutrientes también deben ser consideradas con objeto de poder expresar el potencial genético de los animales. En este contexto, los nutricionistas precisan de fuentes de información para indicar las especificaciones deseables en cuanto a niveles óptimos de aminoácidos esenciales. Diferentes normas están actualmente disponibles incluyendo las establecidas por organizaciones e instituciones oficiales, productores de genética o de aminoácidos. En la mayoría de los casos, estas recomendaciones se presentan en forma de tablas en las que se señala que corresponden a rendimientos máximos. Mientras que algunas fuentes sólo presentan un cuadro (e.g. NRC, 1994; FEDNA, 2006, CVB, GfE, 1999, Cobb-Vantress, 2008), otras las muestran como una serie de cuadros en función de diferentes programas de alimentación (Aviagen, 2007), sexo y nivel de rendimientos (Rostagno, 2005), o de los objetivos productivos (tales como maximizar la ganancia de peso o la producción de carne de pechuga; Cobb-Vantress, 2004).

Evonik-Degussa ha desarrollado un software (QuickChick, 2006) que permite ajustar los niveles de aminoácidos al programa de alimentación y a la duración de la fase, así como al sexo, características físicas del alimento y concentración energética del pienso. Los niveles recomendados de aminoácidos permiten minimizar la conversión alimenticia y maximizar la producción de pechuga en sistemas modernos adaptados a animales de crecimiento rápido. No se hace distinción entre las estirpes que se utilizan actualmente, ya

que no hay todavía información suficiente, aunque hay alguna evidencia de que los niveles recomendados permiten maximizar los rendimientos en todas ellas (e.g. Lemme et al., 2008a,b; Vieira et al, 2004).

El criterio principal que no ha sido considerado hasta ahora es el aspecto económico y la rentabilidad del proceso. Sólo las recomendaciones de Cobb-Vantress (2004) proporcionan información para reducir el coste de producción. Ya en 1995, Pack y Schutte sugirieron un modelo que calculaba los niveles óptimos de metionina en base a datos económicos claves. Este modelo no sólo tiene en cuenta el cambio de coste de la dieta cuando cambia su contenido en metionina, sino que además valora los efectos de los cambios de los niveles de metionina sobre la producción de pechuga, que a su vez afecta a los rendimientos económicos (Pack and Schutte, 1995, AminoChick<sup>®</sup>, 1995).

Sin embargo, antes de realizar los cálculos económicos, deben hacerse algunas comprobaciones previas:

1. Tipo de ingredientes utilizados,
2. Uso de valores analíticos correctos en la matriz de formulación,
3. Aplicación de valores precisos de coeficientes de digestibilidad,
4. Correcciones por procesado térmico de harinas de soja y DDGs de maíz.

A continuación se describen algunos ejemplos para enfatizar el interés que debería tener para los nutricionistas considerar los aspectos económicos al establecer las recomendaciones óptimas de aminoácidos.

## **2.- DEFINICIONES UTILIZADAS PARA EXPRESAR EL ÓPTIMO ECONÓMICO**

Varios intentos fueron realizados para combinar datos experimentales con parámetros económicos claves. A este respecto, las dos definiciones más relevantes para la rentabilidad son probablemente ‘coste alimenticio/kg de ganancia de peso o de pechuga’ y ‘beneficio bruto’, que corresponde a la diferencia entre los ingresos y los costes por ave o por granja. Pack et al. (2003) presentaron varios ejemplos de trabajos en los que se midió la respuesta a diferentes dosis de aminoácidos en pollos, patos pekineses y pavos, y partir de ello los niveles económicamente óptimos de aminoácidos. En base a meta-análisis de respuestas de pollos a niveles de lisina, metionina+cistina y treonina, demostraron que los costes de alimentación por kg de ganancia de peso se minimizaban a niveles diferentes de los que maximizaban la ganancia de peso, la conversión alimenticia o la producción de pechuga. Además, las concentraciones óptimas de aminoácidos dependían del coste del

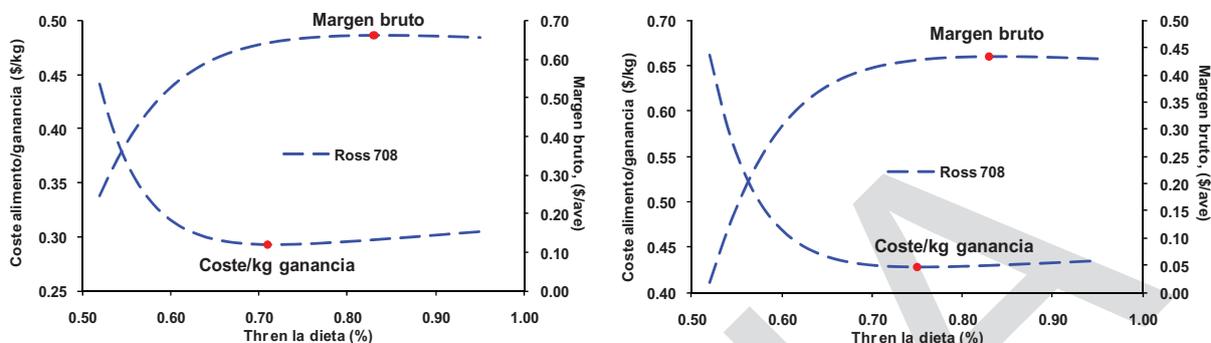
pienso, pero también del coste de la suplementación aminoacídica. Así, para costes crecientes del pienso, los niveles óptimos de aminoácidos aumentaban, mientras que incrementos del precio de DL-Met, L-Lys, or L-Thr daban lugar a una disminución de los niveles óptimos. Además, cuando los costes del pienso estaban relacionados con la producción de pechuga, los niveles óptimos de aminoácidos aumentaban (Pack et al., 2003).

Los costes de alimento por kg de ganancia de peso o de carne de pechuga sólo tienen en cuenta las respuestas de un incremento de los niveles de aminoácidos sobre la conversión alimenticia. Sin embargo, simultáneamente a la mejora de la conversión debida a la suplementación con aminoácidos, también se produce un efecto sobre la ganancia de peso o de pechuga que no se considera en la definición ‘coste alimenticio/kg de ganancia de peso o de pechuga’, a menos que los cálculos se hubieran estandarizado para un peso vivo fijo. Los cálculos de ingresos con la subsecuente sustracción de los costes de alimentación estiman ‘beneficio bruto’. A partir de ensayos dosis-respuesta en pavos, Pack et al. (2003) demostraron que el beneficio bruto se maximizaba a niveles de lisina más altos que los que minimizaban el coste alimenticio/kg de ganancia.

Otro ejemplo es el basado en el experimento realizado en broilers por Kidd et al. (2004). Los pollos recibían niveles crecientes de L-Thr sobre una dieta basal deficiente en treonina desde el día 21 al 42 de edad. Los datos dosis-respuesta para ganancia de peso y conversión alimenticia fueron analizados por regresión exponencial. Posteriormente, la ecuación para índice de conversión se combinó con el coste del pienso, al objeto de calcular el beneficio bruto (Lemme et al., 2004). Se asumieron dos escenarios con precios altos del pienso pero bajos de la L-Thr y la situación inversa (figura 1).

En concordancia con los resultados de Pack et al. (2003) los niveles óptimos de aminoácidos en el pienso fueron superiores cuando se trataba de maximizar el beneficio bruto con respecto a los que minimizaban el coste alimenticio por kg de ganancia. Como consecuencia, el beneficio bruto se maximizaba para un 0,835 de treonina en ambos casos, pero los costes alimenticios por kg de ganancia se minimizaban a un 0,71 y 0,75%, respectivamente. Los niveles óptimos asociados a beneficio bruto fueron menos sensibles a cambios en los precios del pienso y de la L-Thr. Sin embargo, el beneficio bruto era más sensible a cambios en los precios por kg de ganancia. Se concluye que debería preferirse la optimización de los niveles de aminoácidos en base a margen bruto que a costes por kg de ganancia, puesto que los efectos de los niveles de aminoácidos sobre la ganancia de peso repercuten en los cálculos de rentabilidad.

**Figura 1.- Efectos de un incremento de los niveles de treonina de la dieta sobre el coste alimenticio por kg de ganancia de peso y el margen bruto en pollos Ross 708 de 21-42 d de edad, a coste del pienso basal y de la L-Thr de 240 €/t y 3,00 €/kg (izquierda) o de 160 €/t y 4,00 €/kg (derecha) (adaptado de Lemme et al., 2004).**



### 3.- LOS OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN INFLUYEN DE FORMA IMPORTANTE EN LOS NIVELES ÓPTIMOS DE AMINOÁCIDOS.

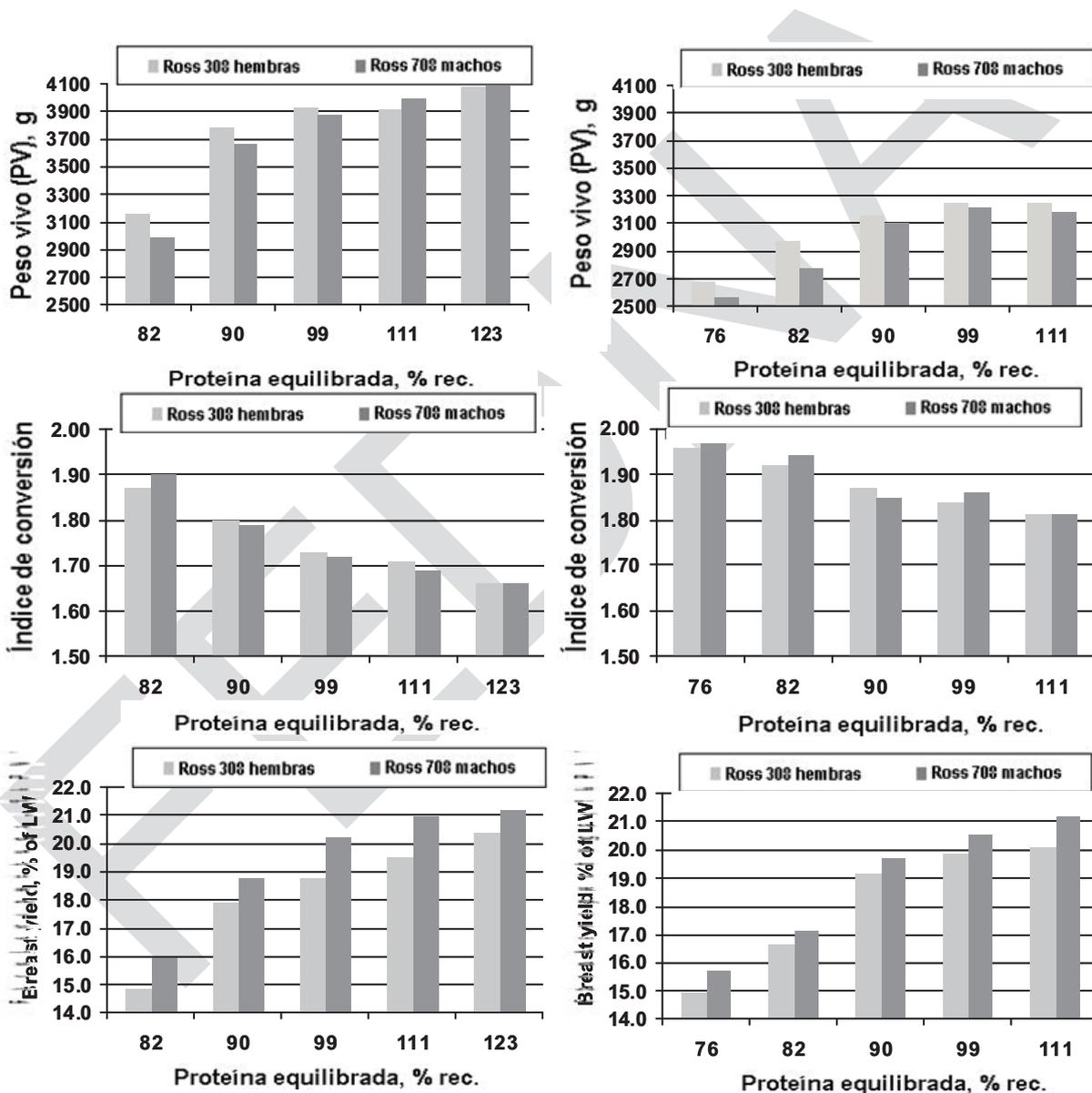
La aproximación de cálculo del margen bruto para determinar los niveles óptimos de aminoácidos puede extenderse al conjunto del perfil de aminoácidos. De esta forma pueden estudiarse las respuestas a cambios en la concentración de proteína de la dieta, equilibrada de acuerdo con el concepto de proteína ideal.

En este contexto se realizó un ensayo con pollos, utilizando 1800 machos y 1800 hembras Ross 308, y el mismo número de Ross 708 (Lemme et al., 2008a). El experimento se diseñó como una estructura factorial de 2 (estirpes) x 2 (sexos) x 5 (niveles de proteína equilibrada). Los piensos de arranque (1-10d), crecimiento (11-28d) y acabado (29-49d) se formularon para cumplir las recomendaciones para energía y nutrientes esenciales, excepto las de aminoácidos de acuerdo con Aviagen (2007). Las hembras fueron alimentadas a un 76, 82, 90, 99, y 111% de los niveles recomendados de proteína y los machos a un 82, 90, 99, 111, and 123% (valores calculados de acuerdo con los análisis de aminoácidos). Los ratios entre aminoácidos se mantuvieron constantes en todos los piensos y cubrían o superaban ligeramente las recomendaciones de Aviagen (2007) y Evonik (QuickChick, 2006). Las respuestas de los parámetros de crecimiento después de 49 días se muestran en la Figura 2.

En ambos sexos y ambas estirpes el peso final aumentó significativamente de forma no lineal a un incremento del nivel de proteína. Las diferencias entre estirpes fueron pequeñas a los niveles recomendados de PB o por encima de ellos, pero a niveles más bajos la disminución fue más pronunciada en Ross 708. Las respuestas casi lineales en

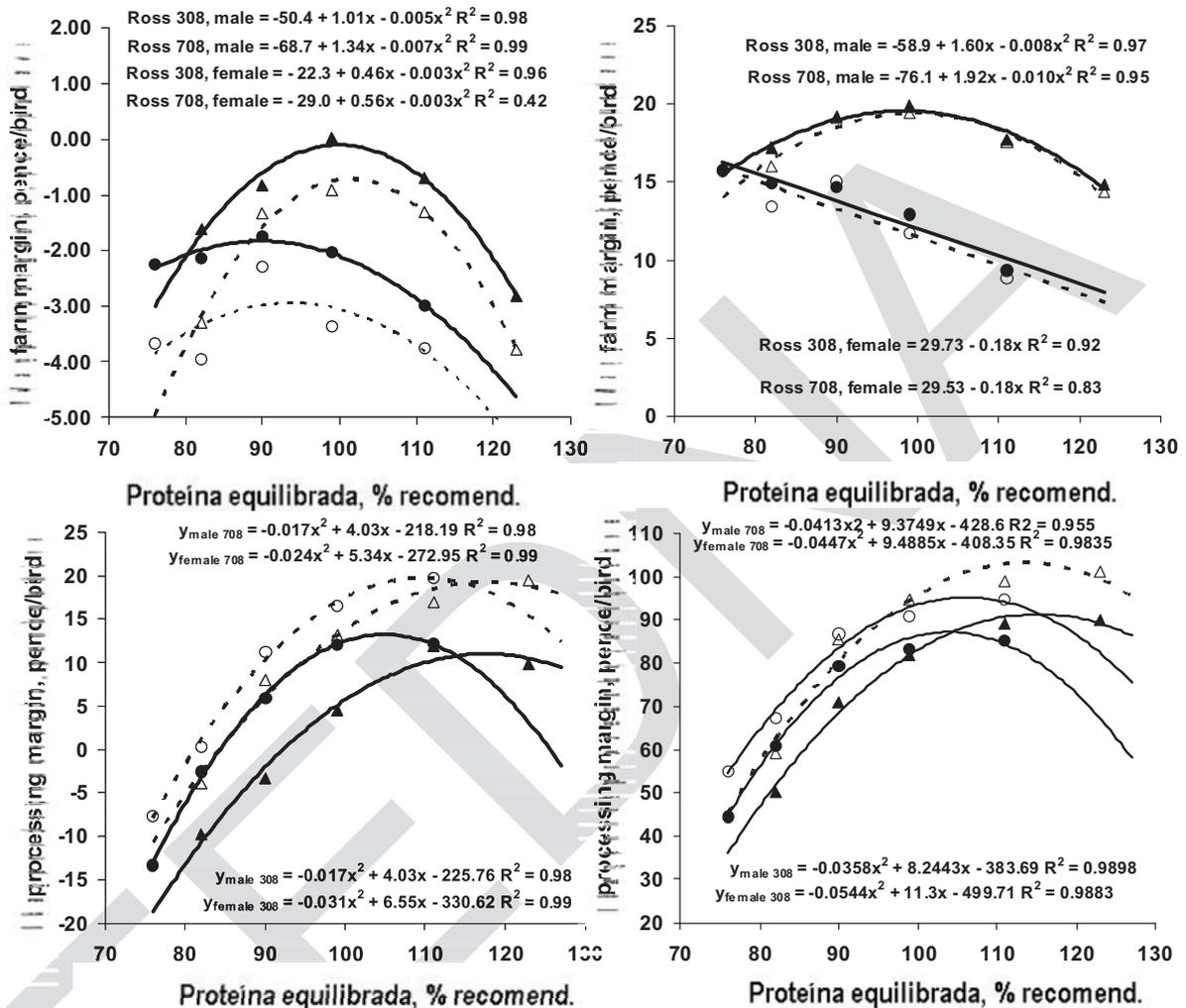
índice de conversión fueron muy importantes (entre 15 y 25 puntos). Las respuestas en producción de pechuga aumentaron de forma asintótica pero para este parámetro, tal como se esperaba, se observó una clara diferencia entre estirpes a favor de los pollos Ross 708.

Figura 2.- Respuestas de machos (izquierda) y hembras (derecha) de pollos broilers de 1 a 42 d de edad de dos estirpes sobre la ganancia de peso (arriba), la conversión alimenticia (centro) y la producción de pechuga (abajo) a cambios en los niveles de proteína equilibrada en el pienso (adaptado de Lemme et al., 2008a)



Los datos de rendimientos técnicos mostrados en la figura 3 no sugieren diferentes niveles óptimos de PB para cada estirpe a pesar de la mayor producción de pechuga de los pollos Ross 708.

Figura 3.- Margen por granja (arriba) y margen de procesado (abajo) de machos (triángulos) y hembras (círculos) en pollos Ross 308 (línea sólida) y Ross 708 (línea discontinua) con respecto a niveles variables de proteína equilibrada para 2 kg (izquierda) y 3 kg (derecha) de peso objetivo.



Los datos de respuesta se utilizaron para calcular el margen bruto, tomando las condiciones típicas de producción en Gran Bretaña de finales de 2006 (Lemme et al., 2008a), y considerando tanto los costes alimenticios y de producción como los ingresos en granja (margen a nivel de granja, ingresos según valor del peso vivo), y después del procesado (margen de procesado, ingresos según valor de la canal despiezada). Los márgenes de granja y de procesado caracterizan dos típicos objetivos de producción en las empresas de broilers. Para estos cálculos los rendimientos de las aves se estandarizaron a pesos vivos fijos de 2 y 3 kg (Lemme et al., 2008a; figura 3). De acuerdo con las ecuaciones que se muestran en la figura 3, el nivel óptimo de PB equilibrada fue de un 101 y un 96% en machos y de un 91 y 93% en hembras de las estirpes Ross 308 y 708, respectivamente.

Tal como se esperaba, las hembras necesitaban niveles más bajos de PB equilibrada, lo que coincide con los resultados de QuickChick (2006). Se apreció una pequeña diferencia entre estirpes sólo en machos a 3 kg de peso vivo final. A los 3 kg de peso vivo, un incremento de la concentración en la dieta de PB equilibrada empeoró de forma lineal el margen por granja en hembras, lo que indica que como consecuencia de la menor velocidad de crecimiento durante la última fase, el nivel óptimo de PB equilibrada es menor que un 76% de las recomendaciones. Es interesante destacar que el margen por granja se maximizó a los niveles de PB equilibrada en machos, lo que sugiere que las normas empleadas eran adecuadas.

En el caso del margen de procesado, que considera la calidad de la canal como parte de la rentabilidad, éste fue más alto en la estirpe Ross 708, como consecuencia de su mayor proporción de peso pechuga (figura 2). Con respecto al nivel económico óptimo de PB equilibrada no hubo diferencias entre estirpes tanto en machos como en hembras (figura 3). Así, a 2 kg de peso vivo final, los niveles óptimos de PB equilibrada fueron 118%, 119%, 106%, y 111% en machos Ross 308, machos Ross 708, hembras Ross 308 y hembras Ross 708, respectivamente. Los valores correspondientes para un peso vivo final de 3 kg fueron 115%, 113%, 104% y 106%. Los valores obtenidos para hembras, que se corresponden con las ecuaciones determinadas para estimar el margen de procesado, fueron ligeramente superiores a los niveles de PB equilibrada actualmente recomendados. Además, los niveles óptimos de PB equilibrada fueron sustancialmente superiores a los encontrados para margen por granja, lo que indica que el objetivo productivo global de la empresa influye en las necesidades óptimas de aminoácidos. Esto coincide en líneas generales con los resultados de Pack et al. (2003) y Pack y Schutte (1995) que muestran que la inclusión de producción de pechuga en el modelo aumenta los niveles óptimos de aminoácidos.

#### **4.- EL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN MÁS RENTABLE ES FUNCIÓN DE LOS OBJETIVOS PRODUCTIVOS**

El experimento presentado anteriormente (figuras 2 y 3) incluyó también tratamientos adicionales con machos Ross 708. Los piensos de arranque, crecimiento y acabado contenían o bien los niveles recomendados de aminoácidos (99% PB equilibrada) o bien niveles superiores (123% PB equilibrada; Lemme et al., 2008). Mientras que en los tratamientos 2 a 4, las dietas 123% se suministraron en uno de los tres periodos, el diseño de los tratamientos 5 y 6 fue suministrar las dietas 123% en el conjunto de las fases de arranque + crecimiento o en el conjunto de los tres periodos, respectivamente (ver cuadro 1).

**Cuadro 1.- Diseño experimental**

Tratamiento	Inicio (1-10 d)	Crecimiento (11-28 d)	Acabado (29-49 d)
1	99 % PE <sup>1</sup>	99 % PE	99 % PE
2	123 % PE	99 % PE	99 % PE
3	99 % PE	123 % PE	99 % PE
4	99 % PE	99 % PE	123 % PE
5	123 % PE	123 % PE	99 % PE
6	123 % PE	123 % PE	123 % PE

<sup>1</sup>PE: Proteína bruta equilibrada

El efecto de los tratamientos sobre el peso vivo, el índice de conversión y la producción de pechuga se muestran en el cuadro 2. Los niveles más altos de PB equilibrada (123%) dieron lugar generalmente a pesos superiores con respecto a los piensos 99% cuando se suministraron en la primera y en la última fase. El suministro del nivel más alto de PB equilibrada en más de una fase resultó en mejoras significativas de todos los parámetros de crecimiento, obteniéndose los valores más altos cuando las dietas 123% se suministraron consecutivamente en los tres periodos. El peso final a 49 días sólo aumentó numéricamente cuando la dieta 123% se suministró sólo en una fase.

**Cuadro 2- Efecto de varios programas de alimentación utilizando niveles recomendados o superiores a éstos (ver cuadro 1) sobre el peso vivo, el índice de conversión y la producción de pechuga a varias edades en pollos machos Ross 708.**

Tratamiento	Peso Vivo (PV) g			Índice conversión*			Carne pechuga % de PV	
	10 d	28 d**	49 d	10 d	28 d**	49 d	28 d**	49 d
1	322 <sup>a</sup>	1564 <sup>a</sup>	3872 <sup>a</sup>	1,06 <sup>c</sup>	1,53 <sup>c</sup>	1,72 <sup>c</sup>	17,15 <sup>a</sup>	20,22 <sup>a</sup>
2	345 <sup>b</sup>	1683 <sup>b</sup>	3956 <sup>a</sup>	0,99 <sup>b</sup>	1,52 <sup>c</sup>	1,74 <sup>d</sup>	18,16 <sup>b</sup>	21,06 <sup>bc</sup>
3	317 <sup>a</sup>	1661 <sup>b</sup>	3929 <sup>ab</sup>	1,06 <sup>c</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,72 <sup>c</sup>	18,31 <sup>bc</sup>	20,55 <sup>ab</sup>
4	324 <sup>a</sup>	1599 <sup>a</sup>	3933 <sup>ab</sup>	1,06 <sup>c</sup>	1,54 <sup>c</sup>	1,70 <sup>b</sup>	17,38 <sup>a</sup>	21,07 <sup>bc</sup>
5	350 <sup>b</sup>	1742 <sup>c</sup>	3980 <sup>b</sup>	0,97 <sup>a</sup>	1,41 <sup>a</sup>	1,69 <sup>b</sup>	18,80 <sup>cd</sup>	21,25 <sup>c</sup>
6	349 <sup>b</sup>	1694 <sup>b</sup>	4090 <sup>c</sup>	0,97 <sup>a</sup>	1,45 <sup>b</sup>	1,66 <sup>a</sup>	18,86 <sup>d</sup>	21,19 <sup>c</sup>
P-val.	0,000	0,002	0,091	0,000	0,01	0,000	0,000	0,057

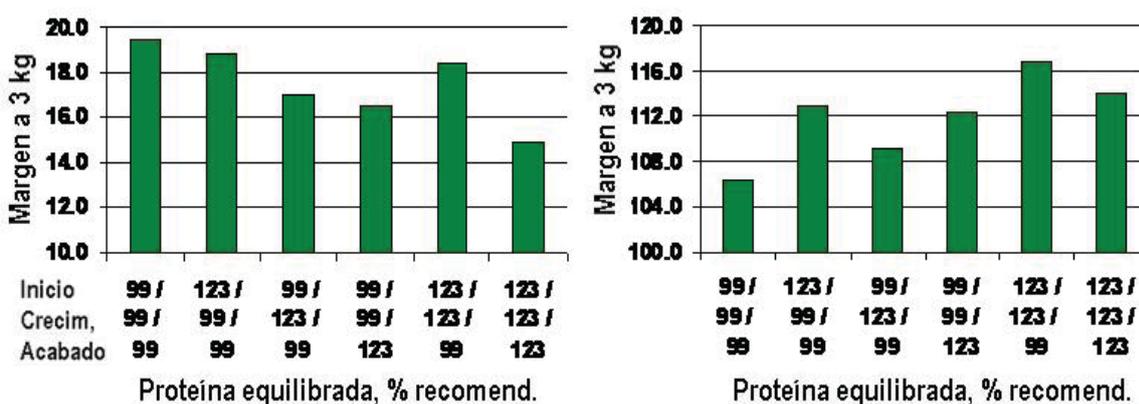
<sup>a,b,c,d</sup> Medias con diferente superíndice en la misma columna difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

\* corregido por mortalidad \*\* hasta el día 28 las aves no recibieron el pienso de acabado

Sin embargo, cuando aumentó el número de fases consecutivas en las que se aplicaron las dietas 123%, el peso final aumentó significativamente. Este resultado sugiere el carácter aditivo del suministro de los niveles más elevados de PB equilibrada en las fases subsiguientes. El índice de conversión también mejoró por el suministro de las dietas 123%, particularmente cuando fueron distribuidas en la fase de acabado. La producción de peso de pechuga fue también afectada por los niveles de PB equilibrada, observándose los valores más elevados cuando la dieta 123% se suministró en las fases de arranque y crecimiento o en el conjunto de las tres fases.

Estos mismos datos fueron utilizados adicionalmente para calcular el margen por granja y el margen de procesado de la misma forma descrita anteriormente (Lemme et al., 2008). En este caso se escogió un peso objetivo de 3,0 kg de peso vivo. En concordancia con los cálculos económicos descritos anteriormente en este trabajo, el margen por granja fue más elevado cuando los niveles de PB equilibrada se aproximaron a los recomendados (99%). Sin embargo, el margen de procesado se maximizó cuando las dietas 123% se emplearon en las fases de arranque y crecimiento. Por tanto, el suministro de los niveles más elevados de PB equilibrada durante todo el periodo no aseguró una rentabilidad máxima en el conjunto del proceso, tal como sugerían los datos de ganancia de peso e índice de conversión. Se concluye que los efectos del nivel de PB equilibrada sobre los parámetros productivos en fases individuales del periodo de crecimiento y sus efectos sobre las fases subsiguientes pueden tener importancia en términos económicos. Este resultado complica la introducción de los niveles económicamente óptimos de aminoácidos en las recomendaciones prácticas. La estimación de los niveles económicamente óptimos puede incluso hacerse más complicada si la duración de las fases es variable, tal como sugirió Lemme (2006). Por otro lado, hubo también otros elementos que afectaron adicionalmente la rentabilidad (figura 4).

**Figura 4.- Margen por granja (izquierda) y de procesado (derecha) de pollos machos Ross 708 alimentados a niveles recomendados o superiores a éstos de PB equilibrada hasta los 3 kg de peso vivo final.**



Añadiendo el beneficio extra (sobre el tratamiento 1) del tratamiento 2 (123% de PB equilibrada en la fase de arranque) y del tratamiento 3 (123% de PB equilibrada en la fase de crecimiento) se obtuvieron beneficios extra similares a los obtenidos en el tratamiento 5, en el que la dieta 123% se suministró a lo largo de las fases de arranque y crecimiento. Al objeto de dar una idea sobre los niveles económicamente óptimos en piensos de pollos en fases subsiguientes puede, por tanto, usarse un modelo simplificado que asuma efectos aditivos.

## **5.- OTROS FACTORES QUE AFECTAN LOS NIVELES ECONÓMICAMENTE ÓPTIMOS DE AMINOÁCIDOS EN EL PIENSO**

Utilizando los ingresos sobre costes de alimentación, tal como se aplicó en los estudios presentados anteriormente, se consideran sólo algunos datos económicos clave tales como el precio del pienso, el incremento del precio del pienso al aumentar el nivel de PB equilibrada (aminoácidos) y el precio del kg de ganancia o del kg de canal despiezada. El coste del pienso depende del precio de las materias primas pero también de la tecnología de producción. Recientemente se demostró que la forma física (calidad) del pienso tiene una enorme influencia sobre los rendimientos productivos de los pollos (Madsen et al., 2008). Por otro lado, se ha sugerido que estos efectos podrían compensarse en términos económicos si una peor calidad física del pienso fuese paralela a un menor coste de producción. Relaciones similares han sido sugeridas por Lemme et al. (2006).

Otro ejemplo de cómo la rentabilidad puede resultar afectada es el señalado por Lemme et al. (2008b). En este trabajo, se demostró que niveles crecientes de PB equilibrada mejoraban sustancialmente los rendimientos productivos de pollos pero también que, bajo determinadas condiciones de producción, la mortalidad puede incrementarse en algunas estirpes, lo que a su vez repercute en la rentabilidad de la operación.

## **6.- REFERENCIAS**

- AMINOCHICK<sup>®</sup> 1.0 (1995) Optimising dietary amino acids according to economic aspects. Degussa AG, Frankfurt a. M., Germany.
- AVIAGENT<sup>™</sup> (2007) Broiler Nutrition Specification. Newbridge, Scotland, UK.
- COBB-VANTRESS (2007) Broiler Performance & Nutrition Supplement – Europe, Middle East, Africa Version – Cobb 700. Colchester, UK.

- COBB-VANTRESS (2004) Broiler Nutrition Supplement. Siloam Springs, Arkansas, USA.
- GfE (1999) Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). DLG Verlag, Frankfurt a. M., Germany.
- KIDD, M.T., CORZO, A., HOEHLER, D., KERR, B.J., BARBER, S.J. y BRANTON, S.L. (2004) *Poult. Sci* 83:1368-1375.
- LEMME, A. (2006) Phase feeding in broiler production – potential and risks. *AminoNews™* 7 (3): 1-14.
- LEMME, A., WIJTEN, P.J.A., VAN WICHEN, J., PETRI, A. y LANGHOUT, D.J. (2006) *Poult. Sci* 85: 721-730.
- LEMME, A., KEMP, C., FLEMING, E. y FISHER, C. (2008) En: *23<sup>rd</sup> World's Poultry Congress*, June 30 – July 4, Brisbane, Australia: pp 4.
- LEMME, A., ELWERT, C. y CASANOVAS, P. (2008) Optimal dietary amino acid supply in Cobb 500 broilers under European feeding conditions. *AminoNews™* 10 (2): in press.
- MADSEN, T.G., WIJTEN, P.J.A., SPARLA, J.K.W.M. y LEMME, A. (2008) En: *23<sup>rd</sup> World's Poultry Congress*, June 30 – July 4, Brisbane, Australia: pp4.
- NRC (1994) *Nutrient Requirements of Poultry* – 9<sup>th</sup> revised edition. National Academy Press, Washington, USA.
- Pack, M. y Schutte, J.B. (1995) *Poult. Sci* 74: 488-493.
- PACK, M., HOEHLER, D. y LEMME, A. (2003) Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. En: *Amino acids in Animal Nutrition* – 2<sup>nd</sup> ed. D'Mello, J.P.F (ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK. pp: 459-483.
- QUICKCHICK 1.2 (2006) Dynamic amino acid recommendations for broiler. Evonik Industries, Hanau, Germany.
- ROSTAGNO, H.S. (2005) *Brazilian Tables for Poultry and Swine – Composition of feedstuffs and nutritional requirements* – 2<sup>nd</sup> edition, Federal University of Vicosa, Vicosa, Brazil.
- VIEIRA, S.L., LEMME, A., GOLDENBERG, D.B. y BRUGALLI, I. (2004) *Poult. Sci* 83: 1307-1313.