

Aminoácidos en la Nutrición de Pollos de Engorde: Proteína Ideal

Anastácia Campos, Sandra Salguero, Luiz Albino y Horacio Rostagno

Departamento de Zootecnia - Universidad Federal de Viçosa

36570-000 - Viçosa – MG Brasil

Resumen: La proteína ideal puede ser definida como el balance exacto de los aminoácidos, sin deficiencias ni sobras, para satisfacer las demandas de mantenimiento y ganancia máxima de proteína corporal, esto reduce el uso de aminoácidos como fuente de energía y la excreción de nitrógeno. El aminoácido lisina fue elegido como referencia (Standard = 100), por ser el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas, estar disponible en forma sintética, el análisis es simple y la función principal es el aumento de proteína corporal. Mediante la utilización de ecuaciones de predicción, es posible estimar los requerimientos de lisina digestible verdadera considerando la productividad de las aves.

Los pasos a seguir para formular dietas por el concepto de proteína ideal son:

a) No usar requerimientos de proteína; b) Usar requerimientos de todos los aminoácidos esenciales; c) La dieta será ajustada para los aminoácidos más limitantes (ej. Lis, Met+Cis, Tre, Val, Gli+Ser); d) Habrá reducción del exceso de aminoácidos esenciales y no esenciales (Proteína); e) La ración tendrá menor incremento calórico y excreción de N.

Abstract: The ideal protein concept can be defined as the exact amino acid balance, with no deficiencies or excess, for maintenance and maximum body protein gain. There is a reduction of the use of amino acids as source of energy and lower nitrogen excretion. Lysine was chosen as the reference amino acid (standard = 100), because it is the first limiting amino acid in most diets, is available in synthetic form, the analysis is simple and the main function is for body protein accretion. Using prediction equations it is possible to estimate the nutritional requirements of true digestible lysine taking into consideration the broiler performance.

The following steps should be taken to formulate diets by the ideal protein concept:

a) Do not use minimum protein requirement. b) Use the requirements of all essential amino acids. c) The diet is going to be adjusted for the most limiting amino acids (ex. lys, met + cys, thre, val, gly + ser); d) The excess of essential and non essential amino acids (protein) is reduced; e) The diet heat increment and N excretion will be lower.

1. Introducción

El continuo progreso que presenta la industria avícola, es producto de la contribución científica y tecnológica de las diferentes áreas relacionadas con el ramo, siendo el desarrollo genético, uno de los renglones que continuamente está generando aves con mejor desempeño. Obviamente la nutrición se encuentra involucrada y está directamente relacionada a este desarrollo, es por ello que de manera continua deben llevarse a cabo revisiones y actualizaciones, no solo en términos de definir la proteína ideal y los nuevos requerimientos nutricionales, sino también a nivel de la composición y valoración nutritiva de los recursos alimenticios utilizados en las dietas.

El nutricionista precisa disponer de informaciones actualizadas para cumplir el papel fundamental de reducción del costo de la alimentación, aliado a la máxima productividad de las aves.

Así, podemos concluir que trabajos relacionados con: a) uso del concepto de proteína ideal, b) satisfacción de los requerimientos nutricionales; c) utilización de programas de alimentación adecuados y d) formulación de raciones de costo mínimo usando la proteína ideal, resultarán en mejor eficiencia de la producción avícola.

2. Proteína Ideal - Definición

Con la disponibilidad comercial de los aminoácidos sintéticos, en los últimos años, fue propuesto el concepto de proteína ideal. De acuerdo con Emmert y Baker (1997) y Zaviezo (2000), la proteína ideal puede ser definida como el balance exacto de los aminoácidos, sin deficiencias ni sobras, con el objetivo de satisfacer los requisitos absolutos de todos los aminoácidos para mantenimiento y ganancia máxima de proteína corporal, esto reduce su uso como fuente de energía y disminuye la excreción de nitrógeno.

Analizando estas características, los investigadores determinan el perfil ideal de aminoácidos esenciales, considerando la lisina como base para su cálculo. La lisina es utilizada como referencia (100) por tener las siguientes características:

- La lisina es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para cerdos y el segundo, después de la metionina + cistina, en dietas para aves.
- Así como la treonina, es un aminoácido estrictamente esencial no existiendo una vía para la síntesis endógena.
- Tiene metabolismo orientado principalmente para la deposición de proteína corporal.
- Su análisis en laboratorio es precisa.
- La lisina se encuentra comercialmente disponible en forma sintética, para ser utilizada en las raciones prácticas de los animales.
- Existe una gran cantidad de publicaciones referentes a los requerimientos de lisina en aves y cerdos bajo diferentes condiciones de alimentación y ambientales.

Las necesidades de los otros aminoácidos esenciales se expresan como porcentaje de la lisina. El uso del concepto de proteína ideal, permite la fácil adaptación a diversas condiciones. Este concepto es una herramienta para la reducción en los costos de alimentación, a partir de la flexibilización del nivel proteico mínimo y la mejor utilización de ingredientes alternativos.

3. Proteína ideal – Valores

Como hemos visto la lisina es utilizada como aminoácido referencia, y los requerimientos de los demás aminoácidos esenciales son expresos como el porcentaje del requisito de lisina. Las diferentes relaciones aminoácidos digestibles/lisina digestible, citadas por varios autores, es presentada en la Tabla 1, demostrando una gran variación en el perfil ideal. En la Tabla 2, se presenta la relación recomendada por las Tablas Brasileñas (Rostagno et. al., 2005) para estimar los requerimientos de los aminoácidos esenciales, en las raciones de pollos de engorde en la fase inicial y de crecimiento. Estos valores pueden ser comparados con los citados por Baker (2003).

Tabla 1. Perfiles de Proteína Ideal Publicado por Varios Autores.

Aminoácido	Baker & Han	Mack et al.	Lippens	Gruber	NRC ¹
	1994	1999	1997	1999	1994
Lisina	100	100	100	100	100
Metionina	36	37	-	-	46
Met + Cist	75	75	70	70	82
Treonina	70	63	66	66	73
Triptofano	16	19	-	14	18
Isoleucina	67	71	70	63	73
Valina	77	81	81	-	82
Arginina	105	-	125	121	114

Valores citados por Geraert et al.(2005). 1. Valores de aminoácido total.

Tabla 2. Proteína Ideal – Relación AA Dig./Lisina Dig. para Pollos de Engorde

Aminoácido	UFV Inicial	UFV Crecimiento	Baker (2003)
Lisina, %	100	100	100
Met. + Cis. %	71	72	72
Treonina, %	65	65	56– 58
Arginina, %	105	105	105
Valina, %	75	77	78
Isoleucina, %	65	67	61
Leucina, %	108	109	109
Triptofano, %	16	17	17
Histidina, %	36	36	35
Fenil + Tir	115	115	105
Gli + Ser Total, % ¹	150	140	105/110 ²

1. Valores en relación a la lisina total de la dieta. 2. valores del NRC (1994)

4. Métodos para Determinar los Requerimientos Nutricionales

El requerimiento de un nutriente puede ser definido como la cantidad a ser proporcionada en la dieta, para atender las necesidades de mantenimiento y producción, en condiciones ambientales compatibles con la buena salud del animal. Para determinar los requerimientos nutricionales en pollos de engorde, pueden ser utilizados dos métodos: dosis respuesta y factorial. El método dosis-respuesta, determina los requerimientos con base en la respuesta del desempeño de los animales, alimentados con dietas que contienen niveles crecientes del nutriente estudiado. El factorial, esta basado en los principios de la determinación de la cantidad de nutriente que el animal necesita para el mantenimiento, crecimiento y/o producción.

- **Método Dosis Respuesta**

Para estimar los requerimientos nutricionales de los aminoácidos, las aves son alimentadas con dietas experimentales que contienen niveles crecientes del nutriente en estudio, y se determina la respuesta a parámetros predefinidos, como ganancia de peso, conversión alimenticia, deposición de pechuga entre otros, en un periodo determinado (21 a 42 días).

En este método, el requerimiento de l animal a un aminoácido, se da en el nivel máximo de repuesta al parámetro evaluado. En la Tabla 3 puede ser observado, que el requerimiento de lisina digestible, para pollos de 23 a 36 días, fue de 1,04%, nivel en el que se obtuvo la mejor conversión alimenticia (Toledo, 2004).

Tabla 3. Nivel de Lisina Digestible y Conversión Alimenticia de Pollos de Engorde Machos de 23– 36 días (Toledo, 2004).

Lisina Dig., %	0,86%	0,92%	0,98%	1,04%	1,10%
Conversión ¹	1,827	1,729	1,720	1,698*	1,711

1.- Efecto cuadrático (P<0,05). * Mejor valor

Procedimientos para Analizar los Datos. Los resultados (requerimientos), pueden ser diferentes según el criterio de respuesta o los modelos de regresión utilizados. Los investigadores han usado diferentes criterios para interpretar los experimentos de requerimientos nutricionales, lo que ha llevado a variaciones en los niveles recomendados.

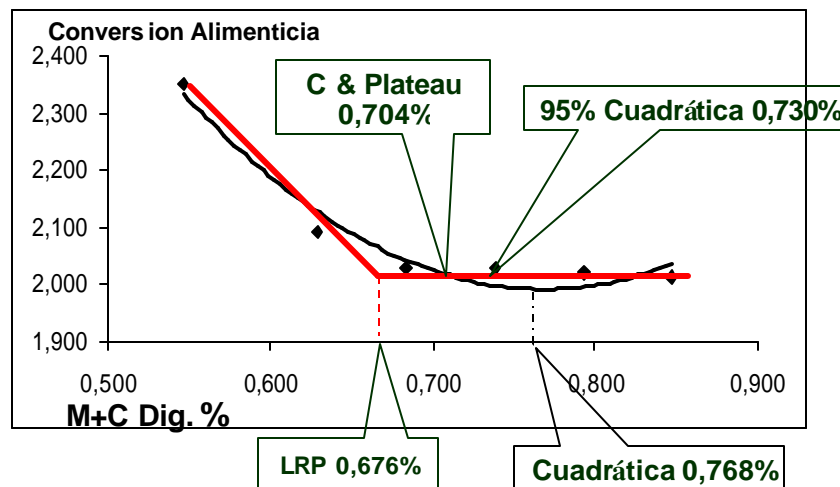
Uno de los procedimientos para analizar los datos de experimentos de dosis respuesta, han sido los testes de comparación de medias, recomendados para variables cualitativas. Esto ha producido críticas cuando son aplicados en datos de ensayos de requerimientos, porque los tratamientos son de naturaleza cuantitativa. Varios modelos pueden ser utilizados para estimar el nivel óptimo del nutriente, el modelo discontinuo-Linear Response Plateau (LRP), modelo cuadrático y el exponencial.

Euclides & Rostagno (2001), citan que la aplicación de cada uno de los modelos dependerá de la relación entre los niveles del nutriente en estudio y la respuesta a los mismos, pudiendo haber subestimación del nivel óptimo, en el caso del LRP. Ya, la función cuadrática que aparentemente presenta ventaja en la determinación del requerimiento nutricional, por estimar el desempeño máximo posible, presenta desventajas, en el sentido de ser muy sensible a las diferencias entre los niveles estudiados, así como presentar simetría bilateral o sea describe la queda en la producción con la misma intensidad que el aumento en los niveles, lo que biológicamente no puede ser adecuado.

La combinación de los dos modelos sería la mejor recomendación, según Euclides & Rostagno (2001), mediante el uso de la ecuación cuadrática de respuesta, asociada al plató. La ventaja de este modelo es que el nivel óptimo encontrado no es alto como el estimado en la derivación de la función cuadrática, ni tan bajo como el observado con el modelo LRP, pasando a ser intermediario en el punto de encuentro entre la recta de la ecuación y el plató.

Otra opción usada por los investigadores es la aplicación de un intervalo de confianza de 95% del valor estimado por la ecuación cuadrática. En la Figura 1, podemos observar los niveles dietéticos de metionina + cistina, definidos por los diferentes modelos de regresión utilizados, el menor requerimiento fue obtenido con el modelo LRP (Least Square) y el mayor con la ecuación cuadrática.

Figura 1. Uso de Diferentes Modelos para Estimar el Requerimiento de Metionina + Cistina para Pollos de Engorde. (Ecuación Cuadrática $Y = 6,11 - 10,72 X + 6,98 X^2$ $R^2 = 0,96$)



Para realizar una comparación mas precisa de las diferentes metodologías, Euclides y Rostagno (2001), juntaron los datos de cinco experimentos con seis niveles de lisina digerible de dos tesis de doctorado de la Universidad Federal de Viçosa. Barboza (1998) y Costa (2000), utilizaron pollos de engorde machos, en la fase de 15/22 a 40 días de edad, provenientes de las empresas Hubbard (2 experimentos) y Ross (3 experimentos). Las variables analizadas fueron: ganancia de peso, conversión alimenticia y pechuga con hueso. Con la aplicación de todas las metodologías propuestas, el porcentaje de lisina digerible recomendada en la formulación de raciones para pollos de engorde machos, presento una variación de 9%, entre el menor y la mayor estimativa del requerimiento: 0,910% a 0,992%, 0,915% a 1,002% y 0,935% a 1,015%, para ganancia de peso, conversión alimenticia y pechuga con hueso, respectivamente. El LRP mostró tendencia a subestimar y el cuadrático a superestimar los requerimientos de lisina.

Por tanto, la aplicación y elección de los modelos dependerán de la relación entre los niveles del nutriente en estudio y la respuesta a los mismos. El investigador debe conocer los métodos, saber las ventajas y limitaciones. Debe analizar sus resultados, aplicar los modelos disponibles y optar por aquel que mejor se ajuste a los datos obtenidos, de acuerdo con el objetivo de la investigación.

Parámetros Productivos. Se pueden jerarquizar los requerimientos de los aminoácidos en pollos de engorde de acuerdo a los parámetros productivos y condiciones de procesamiento: Ganancia de Peso < Rendimiento Pechuga < Conversión < Gordura Abdominal. En las condiciones que fueron ejecutados los experimentos relatados en este artículo, los niveles nutricionales de lisina y de proteína necesarios para la óptima conversión alimenticia, fueron mayores que para máximo peso corporal y rendimiento de pechuga. Por otro lado, los niveles de los nutrientes necesarios en las raciones de pollos de engorde para minimizar la grasa abdominal, parecen ser siempre mayores que para óptima conversión (Rostagno et al 2007).

Como ejemplo, son mostrado los resultados del experimento realizado por Rodrigues et al (2000). Los autores observaron, que el requerimiento para contenido

de grasa en la canal fue mayor y el rendimiento de pechuga fue menor, cuando comparados con la conversión alimenticia de los pollos (Tabla 4).

El nutricionista debe estar atento al mercado, porque nuevos parámetros pueden ser prioritarios, como por ejemplo niveles nutricionales para óptima uniformidad de los pollos. Obviamente el nivel dietético de cada aminoácido puede ser ajustado de acuerdo con lo solicitado por el nutricionista, sin embargo en la actualidad, el parámetro más utilizado para calcular el requerimiento de un aminoácido, es la conversión alimenticia.

Tabla 4. Parámetros de Desempeño y Requerimiento de Met + Cis Dig. de Pollos de Engorde de 22 A 42 días (Rodríguez et al, 2000).

Met+Cis Dig. (%)	Rend. de Pechuga (%)	Conversión Alimenticia	Contenido de Grasa en la Canal, %
0,548	28,61	2,329	12,1
0,608	30,34	2,132	15,0
0,668	30,02	2,082	9,6
0,728	29,95	2,190	10,9
0,788	29,52	1,933	8,9
0,848	30,15	1,915	8,9
Requerimiento	0,703%	0,773%	0,809%
Relación M+C/Lis	70%	77%	81%

Raciones con 1% de Lisina dig.

• Método Factorial

El abordaje es basado en el concepto de que el requerimiento de un aminoácido puede ser dividido en compartimentos: requerimientos para deposición de proteína corporal, para crecimiento de plumas y para mantenimiento. De esta forma, para la elaboración del modelo factorial, es necesario determinar o establecer, con base en la literatura y experimentos, los coeficientes o factores que expresan los requerimientos corporales. Las predicciones sobre los requerimientos se basan en datos obtenidos a través de ensayos de dosis respuesta, llevando en consideración la eficiencia de utilización metabólica de los nutrientes para crecimiento y mantenimiento.

El mantenimiento puede ser definido como el equilibrio del nitrógeno corporal, estado en el cual la ingestión es igual a la suma de las pérdidas. Para mantener este equilibrio, los aminoácidos deben ser substituidos en la misma proporción en que son perdidos en el metabolismo, secretados y excretados por el pollo.

El método factorial, calcula el requerimiento para ganancia de peso a través de curvas de crecimiento, y de deposición diaria de proteína. El crecimiento de los animales de acuerdo con la edad, puede ser expreso por medio de modelos matemáticos. Diversas son las ecuaciones matemáticas que han sido usadas para estimar el crecimiento de los animales, entre las cuales se destacan: Robertson, Gompertz, Brody, Bertalanffy y Logística. De estas, la ecuación desarrollada por Gompertz hace casi 180 años, describe con gran eficiencia el crecimiento de pollos de engorde así como también de otras especies.

Para los animales en crecimiento, la mayor parte de los requerimientos totales de aminoácidos es para deposición de proteína corporal, y como consecuencia, las proporciones relativas entre los aminoácidos son en gran parte relacionadas con la composición de la proteína corporal.

Según Fuller (1994), la deposición de los aminoácidos de la dieta en la forma de proteína corporal (ganancia de peso) no tiene una eficiencia de 100%, o sea los

aminoácidos no son totalmente retenidos. Para el animal retener un gramo de proteína corporal, la dieta debe abastecer no solo los aminoácidos de esa proteína, si no también tener un adicional para cubrir las pérdidas, las cuales resultan en reducción de la eficiencia de utilización de los aminoácidos.

El requerimiento diario de un aminoácido puede ser calculado, a partir del conocimiento de los siguientes parámetros: deposición diaria de proteína, contenido del aminoácido de la proteína corporal, eficiencia de deposición y requerimiento para mantenimiento. Ejemplos del cálculo de los requerimientos y de la proteína ideal de los aminoácidos más importantes para pollos de engorde, aplicando el método factorial, es mostrado en la Tabla 5.

Tabla 5 Uso del Método Factorial para Calcular el Requerimiento de Aminoácidos y la Proteína Ideal para Pollos de Engorde.

(Ej. Peso = 2,198 kg; $P^{0.75} = 1,805$; Deposición de Proteína = 17 g./día)

	Lisina	Metionina	Treonina	Triptofano
Factor Req. Mantenimiento x $P^{0.75}$	0,100	0,043	0,083	0,014
Mantenimiento AA. Dig. (g/día)	0,181	0,078	0,150	0,025
Deposición de Proteína (g/día)	17	17	17	17
Contenido de AA de la Proteína (%)	7,0	2,0	3,9	1,0
AA. Depositado (g/día)	1,190	0,340	0,663	0,170
Eficiencia de Utilización del AA (%)	70	52	65	65
AA. Dig. para Ganancia (g/día)	1,700	0,654	1,020	0,262
Req. Manten.+ Ganancia (g/día)	1,881	0,732	1,170	0,287
Relación AA Dig. / Lis Dig, %	100	39% ¹	62	15

1.- Considerando la proporción de 55 % Met + 45% Cis = 71% Met + Cis / Lis.

5. 5. Actualización de la Proteína Ideal

Metionina + Cistina. En las aves, cantidades relativamente altas de Met + Cis son necesarias para el crecimiento de plumas y mantenimiento, en cuanto que la lisina es usada casi exclusivamente para deposición de proteína.

Utilizando los resultados medios de 14 experimentos, 7 en la fase inicial y 7 en la fase de crecimiento, ejecutados en la Universidad Federal de Viçosa, fueron aplicados los diferentes modelos estadísticos para obtener el requerimiento y la relación de Met+Cis Dig / Lisina Dig para pollos de engorde. En la Tabla 6 son mostrados los resultados de conversión alimenticia y las relaciones obtenidas con los diferentes modelos. No fue posible obtener el requerimiento con el modelo LRP en la fase inicial aunque, en la fase de crecimiento mostró tendencia a subestimar este. Analizando críticamente los datos en la Tabla 6, podemos concluir que la relación Met+Cis / Lis recomendada, para la fase inicial y de crecimiento es de 72 y 74%, respectivamente

Tabla 6. Requerimiento de Met + Cis Dig y Proteína Ideal de Pollos de Engorde Machos para las Fases Inicial (media de 7 experimentos) y de Crecimiento (media de 7 experimentos)¹.

Fase Inicial (1 - 21 días) ²		Fase de Crecimiento (22 – 42 días) ³	
Met + Cis Dig. (%)	Conversión	Met + Cis Dig. (%)	Conversión
0,645	1,629	0,547	2,351
0,700	1,534	0,629	2,093
0,755	1,506	0,684	2,027
0,810	1,476	0,738	2,027
0,865	1,547	0,793	2,021
0,899	1,531	0,847	2,012
Modelo		Modelo	
LRP	-	LRP	0,676 (68,8)
Cuadrático	0,798 (72,7)	Cuadrático	0,768 (78,2)
95% Cuadrático	0,758 (69,0)	95% Cuadrático	0,730 (74,3)

¹Fase inicial lis Dig. = 1,098% e Fase de crecimiento Lis. Dig. = 0,982%

Treonina. En dietas vegetales, a base de maíz y harina de soja, para pollos de engorde, la treonina es considerada el tercer aminoácido limitante, después de metionina y lisina. La relación treonina / lisina (Proteína Ideal) recomendada en las raciones de pollos por diversos autores, varía de 56 a 70%, las Tablas Brasileñas (Rostagno et al., 2005) sugieren una relación de 65%.

La treonina forma parte de la proteína de los músculos, puede ser utilizada para sintetizar glicina, otro aminoácido esencial para las aves. La mucina contiene 16,3% de treonina o sea 7 veces más que lisina (2,3%) y las inmunoglobulinas tienen en media 10,2% de treonina versus 6,2% de lisina. Lo que muestra, que este aminoácido no solamente es importante para la producción (ganancia de peso), sino que es extremadamente importante para el requerimiento de mantenimiento (Páez, 2004).

Pollos alimentados con dietas deficientes en treonina mostraron reducción en el crecimiento, sin embargo el desarrollo de los órganos inmunes no fue afectado (Takahashi et al., 1994). Por otro lado, Faure et al. (2005) concluyeron que ratas alimentadas con dietas deficientes en treonina, tuvieron reducida la capacidad intestinal para sintetizar mucina.

Sin embargo, hay que aclarar que la relación treonina / lisina puede ser influenciada por varios factores, entre ellos, las condiciones medio ambientales. Kidd et al (2003) evaluaron dietas con diferentes niveles de treonina para pollos de engorde, criados en ambiente limpio y sucio. Los autores encontraron una respuesta cuadrática en el desempeño de las aves en el ambiente limpio, por otro lado, la respuesta en el

ambiente sucio fue linear, lo que sugiere mayor requerimiento de treonina, para mantener la integridad intestinal, en ambiente con desafío.

Páez (2004) realizó un experimento para determinar la relación ideal entre treonina digestible / lisina digestible (60, 65 y 70%), para pollos de engorde en el período de 1 a 45 días de edad, criados en ambiente limpio (aviario desinfectado y cama nueva) o sucio (sin desinfección y cama reutilizada). En la Tabla 7, son mostrados los resultados del estudio, donde puede detectarse que aves alimentadas con la relación de 65% en ambiente limpio, tienen una conversión alimenticia mejor. En contraposición, las aves criadas en ambiente sucio mostraron menor conversión con la relación de 70%. Una posible explicación para estos resultados sería que en el ambiente sucio, debido al mayor desafío a nivel intestinal (producción de mucina), la demanda de treonina es mayor.

Tabla 7.- Efecto de la Relación Treonina Dig. / Lisina Dig. Sobre la Conversión Alimenticia de Pollos de Engorde de 1 a 45 días Criados en Ambiente Limpio o Sucio (Páez, 2004).

Relación Tre / Lis	Ambiente	
	Limpio	Sucio
60%	1,813	1,830
65%	1,786*	1,818
70%	1,803	1,806*
Media Ambiente	1,800 x	1,819 y

*Mejor Valor

En otro experimento realizado en la Universidad Federal de Viçosa con pollos de engorde, criados con cama reutilizada y sin limpiar los bebederos, para aumentar el desafío sanitario. Carvalho TA, et al (2008), evaluaron nuevamente tres relaciones treonina dig. / lisina dig. en dietas con y sin suplementación de anticoccidiano. Como era esperado, la ausencia del anticoccidiano en la ración, afectó negativamente el desempeño de los pollos y aumentó el número de oocistos en las excretas. Los pollos alimentados con dietas donde la relación era de 65% mostraron el mejor desempeño, sin embargo, la cantidad de oocistos en la excreta a los 28 y 39 días, disminuyó linealmente con el aumento de treonina en la ración (Tabla 8). Podemos especular, que el requerimiento de treonina para mantener la salud intestinal (aumento de la producción de mucina), parece ser mayor que para optimizar la ganancia de peso y la conversión alimenticia.

Glicina. Para las aves, los aminoácidos glicina y serina son considerados dietéticamente esenciales, aunque sean sintetizados, su producción no es suficiente para atender las necesidades de ganancia de peso (proteína) y el catabolismo del exceso de nitrógeno. La glicina forma parte del ácido úrico, y cada vez que una molécula de ácido úrico es excretada, una de glicina también es eliminada.

Esto nos lleva a pensar, que el requerimiento de glicina + serina puede ser más elevado en el pollo de engorde actual, el cual tiene un crecimiento rápido. Las necesidades de estos aminoácidos aumentan también cuando las aves son alimentadas con dietas que contengan altos niveles de proteína o con des-equilibrio de aminoácidos.

Tabla 8.- Efecto del Nivel de Treonina en Dietas con y sin Anticoccidiano sobre el Número de Oocistos en la Excreta de Pollos de Engorde. (Carvalho T.A Et Al, 2008)

Oocistos / g. de Excreta	Relación Tre / Lis (%)		
	60	65	70
28 días de Edad (CV = 125%) ¹			
Con Anticoccidiano	4450	1225	258
Sin Anticoccidiano	5075	3642	1992
39 días de Edad (CV = 89%) ¹			
Con Anticoccidiano	5217	1367	1200
Sin Anticoccidiano	5583	5400	4717

1.- Efecto lineal (P < 0,05)

Por muchos años, la glicina + serina fueron aminoácidos considerados secundarios, puesto que el NRC (1994) recomienda niveles extremadamente bajos para pollos de engorde (1,25 a 0,97%). También eran usados en las dietas de pollos, productos de origen animal, como la harina de carne, harina de vísceras y harina de pluma, que contienen niveles altos de estos aminoácidos (9 a 15%), cuando son comparados con la harina de soja (4,2%) o el maíz (0,7%).

Schutte et al. (1997) estableció que la glicina era un aminoácido limitante para pollos de engorde en la fase de iniciación (1 a 21 días), cuando la proteína de la dieta era reducida de 22 para 19%. Los requerimientos fueron calculados entre 1,8 a 1,9% de glicina total. Similarmente, Rostagno et al. (2003) estimaron que el requerimiento nutricional de glicina + serina total era de 2,11%, para pollitos de engorde de 8 a 21 días.

Experimentos realizados recientemente por Dean et al (2003), mostraron que niveles de glicina + serina, entre 2,32 y 2,44% en dietas de baja proteína (16%), suplementadas con aminoácidos esenciales, resultan en ganancia de peso y eficiencia alimenticia de pollos de engorde (0 a 17/18 días) similar a las aves alimentadas con la ración control de 22% de proteína.

Con el objetivo de demostrar que la glicina (glicina + serina), es un aminoácido crítico en dietas vegetales para pollos de engorde, Viana et al (2007) realizaron un experimento con una dieta a base de maíz y harina de soya (Control), que fue suplementada con 0,15% de glicina cristalina, o 5% de harina de carne. El desempeño de los pollos mejoró significativamente con la suplementación de glicina y el uso de harina de carne en las raciones experimentales, lo que muestra la necesidad de controlar el nivel de todos los aminoácidos esenciales en las raciones avícolas modernas (Tabla 9).

La glicina puede estar relacionada con el aumento de la población de *Clostridium perfringens*, causante de enteritis necrótica y la producción de a toxina en pollos de engorde. Wilkie et al. (2005) encontró correlación significativa entre el nivel de glicina dietética y la población de *C. perfringens* en el ileon y ciego de las aves.

Tabla 9– Efecto de la Adición de Glicina o Harina de Carne en Dietas Vegetales sobre el Desempeño de Pollos de Engorde de 1 a 38 días (Viana et al, 2007).

Tipo de Dieta	Ganancia, g.	Conversión	Pechuga (%)
Vegetal	2308,2 ^B	1,702 ^B	25,7 B
Vegetal + 0,15% Glicina	2346,5 ^A	1,658 ^A	26,0 A
Vegetal + 5% H. Carne	2318,2 ^{AB}	1,675 ^A	26,1 A
ANOVA	P<0,03	P<0,01	P<0,05

Según Dahiya, et al. (2005) es posible que la glicina cause reducción de bacterias productoras de ácido láctico, predominantes en el intestino de pollos de engorde, estos microorganismos actúan como protección contra la colonización de patógenos. En un experimento los autores observaron que la glicina aumenta la concentración de *C. perfringens*. Con base en estos resultados, podemos concluir que dietas formuladas con ingredientes de origen animal, contienen más glicina y pueden predisponer las aves a enteritis necrótica clínica.

Interrelación entre Glicina y Treonina. Para alcanzar el requerimiento de glicina + serina en las dietas vegetales, sería necesario adicionar glicina cristalina lo que hoy en día no es posible, debido su precio elevado. Otra opción, puede ser aumentar la proteína de la dieta, lo que también resulta en altos costos, y desde el punto de vista del medio ambiente no es recomendable, pues aumenta la excreción de nitrógeno.

Una posibilidad, que todavía no fue exhaustivamente estudiada, es que metabólicamente la treonina, puede ser convertida en glicina por las enzimas treonina aldolasa y treonina deshidrogenasa, presentes en el hígado y riñón de las aves. En contraposición, la enzima treonina deshidratasa hidroliza la treonina en un grupo amina y el esqueleto de carbono.

Estudios de desempeño y de metabolismo, que evalúen la interrelación práctica entre glicina y treonina son altamente recomendables. Bernardino (2008) ejecutó un experimento con pollitos para estudiar el efecto de la suplementación de glicina (0,4%), en dietas a base de maíz y harina de soja, con diferentes relaciones treonina / lisina (55, 65 y 70%). Como era esperado, la adición de glicina a la dieta vegetal aumentó la ganancia de peso de las aves. Aunque los niveles de treonina no influenciaron la ganancia de peso de los pollitos, los resultados mostrados en la Tabla 10 sugieren que en dietas vegetales, sin suplementación de glicina, la relación treonina / lisina de 65% mostró la mejor ganancia de peso (+5,2%). Cuando los niveles dietéticos de glicina son altos (ej. dietas con productos de origen animal), la relación treonina / lisina adecuada es de 55%.

La actividad de la treonina aldolasa en el hígado de las aves fue influenciada por los niveles de treonina en las dietas. Cuando comparada con la relación de 55%, el aumento promedio de la actividad en la Aldolasa fue de 59% (relación 55 versus 65 y 70%). Las aves alimentadas con dietas que contenían relación treonina / lisina de 55% y suplementadas con glicina, mostraron menor actividad de la enzima aldolasa, que las aves con el tratamiento sin suplementación de glicina. Estos resultados nos permiten

inferir, que cuando se alcanza el requerimiento de glicina en la dieta de pollos, hay ahorro de treonina.

Tabla 10 – Efecto del Nivel de Treonina y la Suplementación de Glicina (0,4%) en Dietas Vegetales sobre la Ganancia de Peso y la Actividad de la Treonina Aldolasa en el Hígado de Pollitos de 8 a 21 Días (Bernardino, 2008).

	Ganancia de Peso (g)		Treonina Aldolasa (μ M acetaldeído/ mg de proteína)	
	Glicina		Glicina	
Tre / Lis (%)	0 %	+0,4%	0 %	+0,4%
55	726	772	0,78 ^{bA}	0,54 ^{cB}
65	764	771	1,03 ^{aA}	0,97 ^{bA}
75	745	758	1,10 ^{aA}	1,10 ^{aA}
Media (Glicina)	745 ^B	767 ^A	0,97 ^A	0,87 ^B
CV (%)	4,95 %		13,78%	

A, B en la línea son diferentes (P< 0,05); a, b, c en la columna son diferentes (P< 0,05).

Arginina Valina e Isoleucina. Con el objetivo de actualizar la proteína ideal para pollos de engorde, Campos (2008) ejecutó varios experimentos con dietas semipurificadas en las fases inicial y crecimiento. Los resultados para los aminoácidos, arginina, valina e isoleucina, son mostrados en la Tabla 11, donde puede ser observado que algunas relaciones aumentaron, cuando comparadas con las recomendaciones de las Tablas Brasileñas de 2005. Nuevos ensayos tienen que ser realizados, con mayor número de tratamientos, para aumentar la precisión de la proteína ideal recomendada.

Tabla 11 – Efecto del Nivel de Arginina, Valina e Isoleucina sobre la Conversión Alimenticia de Pollos de Engorde (Campos, 2008).

Fase Inicial (7 a 21 días)			Fase Crecimiento (28 a 42 días)		
Relación AA / Lis	Conversión		Relación AA / Lis	Conversión	
Arginina	100	1,513	Arginina	95	1,844
	105	1,462*		105	1,762
	110	1,458		115	1,738*
Valina	70	1,522	Valina	71,5	1,812
	75	1,487		77	1,766
	80	1,458*		82,5	1,738*
Isoleucina	60	1,523	Isoleucina	58	1,858
	65	1,463*		67	1,799
	70	1,458		76	1,738*

* Relación recomendada

6. Ecuaciones para estimar los requerimientos de lisina

Las necesidades nutricionales de la mayoría de los nutrientes, expresadas como porcentaje en la ración, se alteran con la edad, siendo esto reflejo del aumento del peso del animal. Para ajustar los requerimientos de acuerdo con el desempeño, varios autores investigaron ecuaciones para estimar los requerimientos nutricionales de lisina de pollos de engorde. Esta forma de estimar los requerimientos, tiene la ventaja de permitir calcular el nivel nutricional para diferentes fases de crecimientos y programas de alimentación, por ejemplo es posible calcular los nutrientes en la raciones de un programa de 3 fases (inicial, crecimiento y terminación) o uno de 5 fases (pre-inicial, inicial, crecimiento 1, crecimiento 2 y terminación). Los niveles de los aminoácidos restantes pueden ser calculados utilizando el concepto de proteína ideal.

Geraert, 2002; Rostagno et al, 2005 y Ajinomoto, 2007 publicaron ecuaciones que permiten estimar el requerimiento de lisina de acuerdo con el desempeño de los pollos de engorde.

La ecuación citada en las Tablas Brasileñas (2005), para calcular la cantidad de lisina digestible/Kg de ganancia de peso [$14,28 + 2,0439 \times (\text{Peso Medio})$ $R^2 = 0,81$], sugiere claramente que la lisina y consecuentemente la proteína/Kg de ganancia, aumenta linealmente con el peso del pollo de engorde.

La comparación de los requerimientos de lisina digestible entre las tres ecuaciones es mostrada en la tabla 12, las diferencias pueden ser consideradas como pequeñas en los diferentes periodos de desarrollo del ave.

Tabla 12. Requerimientos Nutricionales de Lisina Digestible (g/día; %) de Pollos de Engorde Utilizando Ecuaciones.

Período ¹ , día	8 – 21	21-33	33-42
Ganancia ¹ , g/día	45,8	77,6	87,0
Consumo ¹ , g/día	66	135	179
Geraert, g/d (%)	0,757 (1,15)	1,364 (1,01)	1,544 (0,87)
Ajinomoto, g/día (%)	0,844 (1,28)	1,512 (1,12)	1,709 (0,96)
UFV, g/día (%)	0,754 (1,15)	1,443 (1,07)	1,814 (1,01)

1. Tablas Brasileñas- Peso medio en los periodos: 0,463; 1,330; 2,198 kg.

Geraert: $g \text{ lis} / \text{día} = 0,0191 X (\text{Ganancia/día}) - 0,1179$

Ajinomoto: $g \text{ lis} / \text{día} = 0,021 X (\text{Ganancia/día}) - 0,118$

UFV: $g \text{ lis} / \text{día} = 0,1 \times \text{Peso}^{0,75} + (14,28 + 2,0439 \times \text{Peso}) * (\text{Ganancia} / \text{día})$

7. Cálculo de Dietas Usando la Proteína Ideal

La recomendación actual para la aplicación del concepto de proteína ideal en la formulación de dietas avícolas, sería la reducción del nivel proteico, eliminando así el exceso de aminoácidos, esenciales y no esenciales, siendo adicionados aminoácidos industriales, con el objetivo de disminuir los costos de producción, porque la proteína es uno de los nutrientes más costoso de las dietas.

En las condiciones actuales, las dietas son formuladas aplicando el concepto de proteína ideal solamente para los aminoácidos más limitantes – lisina, metionina + cistina, treonina. Mediante la suplementación de aminoácidos comerciales como la lisina, metionina e treonina es posible reducir significativamente el exceso de aminoácidos esenciales y no esenciales (proteína), en las dietas. Esto puede ser caracterizado como la aplicación parcial de la proteína ideal, debido a que solo con

todos los aminoácidos esenciales disponibles comercialmente, sería posible aplicar plenamente este concepto.

En la medida que se suplementan más aminoácidos a la dieta, se reduce el nivel proteico en la ración, así como la fuente proteica (H. Soja) y energética (aceite), que son ingredientes de alto costo (Tabla 13). Con menor contenido proteico, los aminoácidos, que antes estaban en exceso disminuyen, y el aminoácido no suplementado de mayor requerimiento se torna limitante. Así, en la medida que se adicionan aminoácidos sintéticos, menor es el nivel de proteína en la ración, lo que puede causar deficiencia cuando se reduce al extremo la proteína de la ración. Como podemos observar en la Tabla 14, la suplementación de metionina, lisina, treonina, valina e isoleucina, redujo el nivel proteico en la ración.

Para la utilización de la proteína ideal, sin nivel mínimo de proteína, los nutricionistas deben tener certeza que los requerimientos usados son adecuados para la productividad deseada, pues niveles sub-óptimos de aminoácidos en la dieta, afectará negativamente el desempeño de las aves. Como ejemplo, en la Tabla 14 se simula que el requerimiento de arginina sea mayor (la relación pasa de 105 para 110) que el utilizado en el cálculo de la ración, lo que resulta en la deficiencia de este aminoácido.

Tabla 13. Suplementación de Aminoácidos en Dietas de Pollos de 21-33 días.

Ingredientes	+Met	+Lis	+Tre	+Val	+Isol
Maiz, %	54,38	58,10	61,21	64,63	65,43
H. Soja (46%), %	37,60	34,40	31,70	28,70	27,99
Aceite, %	4,60	3,94	3,38	2,74	2,59
Premix+Mins., %	3,241	3,263	3,278	3,303	3,304
DL-Metionina, %	0,179	0,203	0,223	0,246	0,251
L-Lisina HCl, %	--	0,094	0,174	0,262	0,283
L-Treonina, %	--	--	0,035	0,073	0,083
L-Valina, %	--	--	--	0,046	0,057
L-Isoleucina, %	--	--	--	--	0,012
Total (%)	100	100	100	100	100

Composición y requerimientos de las Tablas Brasileñas (2005)

Los pasos a seguir para formular dietas de pollos de engorde usando el concepto de proteína ideal son:

- No usar requerimientos de proteína
- Usar los requerimientos de todos los aminoácidos esenciales (Prot. Ideal)
- La dieta será ajustada para los aminoácidos más limitantes (ej. Lis, Met+Cis, Tre, Val, Gli+Ser)
- Habrá reducción del exceso de aminoácidos esenciales y no esenciales (Proteína)
- La ración tendrá menor incremento calórico y excreción de N
- Habrá mayor inclusión de aminoácidos industriales.

Tabla 14. Contenido de Aminoácidos de Dietas de Pollos de Engorde de 21-33 días.

Nutrientes	Req.	+Met	+Lis	+Tre	+Val	+Iso
Proteína,%	--	21,6	20,5	19,5	18,5	18,2
Met+Cis,%(72)	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773
Lisina, %(100)	1,073	1,073	1,073	1,073	1,073	1,073
Treo, % (65)	0,697	0,737	0,697	0,697	0,697	0,697
Valina, % (77)	0,826	0,916	0,867	0,826	0,826	0,826
Isol, % (67)	0,719	0,863	0,812	0,768	0,719	0,719
Gli+Ser Tot, %	1,656	1,980	1,873	1,781	1,680	1,656
Arg, % (105)*	1,127	1,399	1,310	1,235	1,151*	1,131*
Trip, % (17)	0,182	0,243	0,228	0,214	0,200	0,196

Dietas: EM, 3100 kcal/kg; Ca, 0,824%; Pdisp, 0,411; Na, 0,205%; K, 0,59%

* Simulación del cambio de la relación Arg/Lis de 105 para 110, nuevo requerimiento = 1,180%. En este caso arginina sería el 4º aminoácido limitante de la ración.

8. Consideraciones Finales

- ✓ La actualización constante de los requerimientos nutricionales, permite acompañar la mejora en la productividad de los pollos de engorde.
- ✓ Mediante la utilización de ecuaciones de predicción es posible estimar los requerimientos de lisina considerando las diversas fases y la productividad de las aves.
- ✓ El concepto de proteína ideal permite calcular fácilmente los requerimientos de todos los aminoácidos utilizando como referencia el nivel de lisina en la ración.
- ✓ Varios factores pueden influenciar los requerimientos nutricionales de los aminoácidos.
- ✓ La utilización de aminoácidos industriales y del concepto de proteína ideal, sin mínimo de proteína, resultan en óptimo desempeño de los pollos de engorde con reducción en la excreción de N y NH₃.

9. Bibliografía

- Ajinomoto Biolatina, El papel de la nutrición proteica para pollos p arrilleros. Informativo Técnico 3, 2000, 16p.
- Baker, D.H.; Batal, A.B.; Parr, T.M.; Augspurger, N.R.; Parsons, C.M. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. Poultry Sci. 81: 485-494, 2002.
- Barboza, W.A. Exigências nutricionais de lisina para duas marcas comerciais de frangos de corte. Tesis de Doctorado, Viçosa, MG, UFV, 110 p, 1998.

- Bernardino, v. M. P. (2008). Tesis de Maestría. Universidad Federal de Viçosa.
- Campos, A. M. A. Tese de Doutorado (em andamento), Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- Carvalho, Ta. Nery, Vr Júnior, Lora Ag, Messias, Rkg, Rostagno, Hs. *Conferência APINCO de ciência e tecnologia avícola*. Santos, pp: 38, 2008.
- Costa, F.G.P. Níveis dietéticos de lisina e proteína bruta para frangos de corte. Tesis de Doctorado em Zootecnia, UFV, 131p, 2000.
- JP Dahiya, D Hoehler, DC Wilkie, AG Van Kessel, and MD Drew. Dietary glycine concentration affects intestinal *Clostridium perfringens* and *lactobacilli* populations in broiler chickens. *Poult. Sci.* 84: 1875-1885, 2005
- DW Dean, TD Bidner, and LL Southern Glycine supplementation to low protein, amino acid-supplemented diets supports optimal performance of broiler chicks *Poult. Sci.* 2006 85: 288-296.
- Emmert, J.L Y Baker, D.H. Use of the idel protein concept for presicion formulation of amino acid levels en broiler diets. *J.Appl. Poult. Res.* 6(4):462-470, 1997.
- Euclides, R.F.; Rostagno, H.S. Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: p.77-88, 2001.
- Faure, M; Moënoz, D, Montigon, F, Mettraux, C, Breuillé, D, and Ballèvre, O. Dietary Threonine Restriction Specifically Reduces Intestinal Mucin Synthesis in Rats, *J. Nutr.* 135: 486-491, 2005
- Geraert, P.A., Mansuy, E., Jakob, S., Dalibard, P. Nutritional Concepts to determine amino acid requeriment for poultry. In: I 11th European Poultry Congress, Bremen, **Anais...** Bremen, Germany. Cd, 9p, 2002.
- Geraert, P. A., Mercier, Y. And Jakob, S. Utilization Of The Factorial Model To Determine The Nutritional Requirement Of Poultry And Swine: Practical Aspects. In: II Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, Viçosa, **Anais...** Viçosa, Brasil. p. 293 -292, 2005.
- Fuller, M. F. Amino Acid Requirements For Maintenance, Body Protein Accretion And Reproduction In Pigs. In: *Amino Acids In Farm Animal Nutrition*. P. 155-184 JPF D'Mello, ed. Wallingford, Oxon.: CAB International, 1994.
- Kidd, M.T, S. J. Barber, W. S. Virden, W. A. Dozier, III, D. W. Chamblee, and C. Wiernusz. Threonine Responses of Cobb Male Finishing Broilers in Differing Environmental Conditions. *J. Appl. Poult. Res.* 12: 115-123, 2003.
- NRC, NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients Requirements of Poultry*. 9th. ed. National Academic Press, Washington D.C.: 155p, 1994.
- Páez Bernal, L. E. Níveis de Treonina em Rações de Alta e Baixa Digestibilidade para Frangos de Corte, Criados em Cama Limpa e Reutilizada. Tese de Mestrado, UFV, Viçosa, MG. 2004, 82p.
- Rodrigueiro, R.J.B.; Albino, L.F.T.; Rostagno, H.S. Et Al. Exigência de metionina + cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.29, n.2, p.507-517, 2000
- Rostagno, H. S., Albino, L.F.T., Donzeles, J.L., et.al. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. – Composição de alimentos e exigências nutricionais*. 1a ed. Viçosa. MG, Brasil. 2005. 141p.
- Rostagno, H.S, Vargas Jr, Albino, L.F.T. En: *Conf. APINCO de ciência e tecnologia avícola*. Santos, p: 48, 2003.
- Rostagno, H. S, L.E. Páez y L.F. T. Albino. Nutrient Requirements of Broilers for Optimum Growth and Lean Mass. *European Poultry Sci. Congress*. In CD, Strasburgo, Francia, 2007
- Schutte, J.B.; Smink, W.; Pack. M Requirement of young broiler chicks for glycine + serine. *Arch. Geflügelk.* 61:43-47, 1997.
- Takahashi, K., Konashi, S. Akiba, *Anim. Sci. Technol. (Jpn.)* 65: 956-960, 1994.
- Toledo, R.S. Exigência Nutricional de Lisina e de Proteína Bruta para Frangos de Corte Criados em Ambiente Limpo e Sujo. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 102 p, 2004.
- Viana, M.T., Albino, L.F., Rostagno, H.S., Carvalho, T.A., Silva, E. Oliveira, T.F. En: *Conf. APINCO de Ciência e Tecnologia Avícola*. p: 62, 2007.