

## **AVANCES EN LA ALIMENTACIÓN DE MONOGÁSTRICOS: AVES**

Antônio Mário Penz Junior  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre, Brasil

### **1.- INTRODUCCIÓN**

El avance en el conocimiento sobre la alimentación de monogástricos ha sido importante en los últimos años. El desarrollo de líneas genéticas cada vez más especializadas en pollos de engorde, ha forzado la revisión de muchos datos. Sin embargo, el aumento de la exigencia del consumidor en la búsqueda de un producto avícola de mejor calidad y la reducción de los márgenes de lucro del negocio han forzado una rápida sofisticación de esa actividad. Es en el área de la nutrición donde las necesidades de adaptación a esa nueva realidad se han impuesto de manera más intensa. La principal razón, para esa exigencia, es que la alimentación de las aves, en cualquier fase o propósito de producción, es la que más contribuye individualmente al éxito o el fracaso del negocio. Dependiendo de la forma con que se realice el cálculo, la alimentación puede representar entre el 50 y el 70% del coste total de la producción. La nutrición también influye en el hecho de que el producto obtenido no tenga las características deseadas por el consumidor, tanto por su falta de uniformidad, como por sus características organolépticas indeseables o por el aspecto del producto final.

Así, seguramente, actuar de forma conservadora, buscando alternativas simples y de amplia difusión de los conceptos nutricionales, no tendrá cabida en la producción avícola futura. Cada vez más, las informaciones disponibles serán de carácter conceptual o de aplicabilidad práctica restringida. Las tecnologías desarrolladas en un principio fuera de las empresas, para luego ser implantadas dentro de ellas, ya no serán viables. Las empresas avícolas deberán estar capacitadas para evaluar, testar y, posteriormente, implantar las nuevas tecnologías. Los conocimientos seguirán siendo presentados en la literatura internacional, pero su adaptación será local, respetando las características de los animales, según su destino, sexo, ambiente, época del año, etc. Esa, probablemente es una de las principales razones por las que los boletines tradicionales, como aquellos realizados durante muchas décadas por la Academia Americana de la Ciencia, que

tenían la responsabilidad de dictar las normas sobre nutrición, pierden cada vez más su importancia. Sus informaciones, que en el pasado eran las bases del conocimiento, hoy no pasan de ser meros indicadores generales para una industria altamente sofisticada.

Este trabajo tiene el objetivo de presentar algunos aspectos de la nutrición y de la alimentación avícola, basados en investigaciones científicas, que podrán servir de fundamento para reflexiones individuales sobre la administración de ese conocimiento en el futuro.

## **2.- EXIGENCIAS DE AMINOÁCIDOS DE POLLOS DE ENGORDE SEGÚN EL SEXO Y LA ESTACIÓN CLIMÁTICA**

El concepto de producción de pollos de engorde separados por sexo no es nuevo. Este procedimiento fue posible con la introducción de líneas autosexables, permitiendo la diferenciación de machos y hembras en el momento de la eclosión. Sin embargo, es sorprendente que la publicación de la Academia Americana de la Ciencia, en su última edición del boletín de exigencias nutricionales para aves (NRC, 1994) no considerara esa posibilidad, teniendo en cuenta que esa práctica ya es empleada en la industria avícola mundial.

Uno de los primeros trabajos planteados sobre exigencias diferenciadas entre machos y hembras fue publicado por Thomas et al. (1992), de la Universidad de Maryland. En el cuadro 1 pueden ser evaluadas algunas diferencias de exigencias en aminoácidos propuestas por los autores. En la misma publicación, se refleja que machos y hembras no tienen las mismas necesidades para proteína, calcio, fósforo y sodio. Es importante entender que las exigencias nutricionales de los animales se obtienen de la suma de sus exigencias de mantenimiento y producción. Las hembras de pollos de engorde tienen menor potencial para deposición de carne magra, de ahí que necesiten menos energía y aminoácidos que los machos.

La formulación de dietas con niveles diferenciados de aminoácidos para machos y hembras permite emplear valores más elevados para machos y más bajos para hembras. En las empresas en que esa diferenciación todavía no ha sido implantada, se tiende a trabajar con valores medios de exigencias de aminoácidos, lo que lleva a sobrestimar las necesidades de las hembras y a subestimar las exigencias de los machos. Otra posibilidad es que los nutricionistas empleen los niveles sugeridos para los machos, lo que favorece el desarrollo de los machos pero no mejora el de las hembras que, por no poder usarlos, termina por catabolizarlos. Esto provoca un aumento en el coste de las dietas de las hembras y puede llevar a un mayor porcentaje de deposición de grasa en la canal.

**Cuadro 1.- Exigencias de aminoácidos según el sexo (% aminoácidos/kcal EM)  
(Thomas et al., 1992)**

Aminoácidos	1 a 21 días		22 a 42 días		43 a 53 días	
	M	H	M	H	M	H
LYS %	0,368	0,345*	0,318	0,304	0,241	0,227
MET %	0,154	0,140	0,145	0,131	0,114	0,100*
MET+CYS %	0,273	0,273	0,254	0,227	0,209	0,186
THR %	0,241	0,227	0,232	0,214*	0,191	0,173*
TRP %	0,073	0,068*	0,054	0,050	0,050	0,045*
ARG %	0,400	0,377*	0,368	0,323	0,300	0,268*

\* valor estimado

Según la estación climática, las necesidades de mantenimiento de los pollos de engorde varían. Así en ambientes calientes éstas disminuyen, lo que provoca una disminución en el consumo total de ración. Como las necesidades de producción no se ven alteradas con la temperatura, es importante que nutrientes, como los aminoácidos, sean aumentados en las épocas del año de más calor. Los investigadores de la Universidad de Maryland (Thomas et al., 1992) también fueron los primeros en sugerir esas diferenciaciones (cuadro 2).

**Cuadro 2.- Exigencias de aminoácidos según la temperatura ambiental  
(% aminoácidos/Kcal EM) (Thomas et al., 1992)**

Aminoácidos	1 a 21 días		22 a 42 días			43 a 53 días		
	27°C	32°C	21°C	27°C	32°C	21°C	27°C	32°C
LYS %	0,359	0,368	0,318	0,327	0,336	0,241	0,250	0,259
MET %	0,150	0,154	0,146	0,150	0,155	0,114	0,118	0,123
MET+CYS %	0,264	0,273	0,255	0,264	0,268	0,209	0,214	0,223
THR %	0,232	0,241	0,232	0,241	0,246	0,191	0,196	0,205
TRP %	0,073	0,073	0,054	0,054	0,059	0,050	0,050	0,050
ARG %	0,386	0,400	0,368	0,377	0,391	0,300	0,309	0,319

### **3.- DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE FORMULADAS EN BASE AL CONCEPTO DE LA PROTEÍNA IDEAL**

Michel (1964), citado por Parsons y Backer (1994), fue quien definió “proteína ideal” como la mezcla de aminoácidos o de proteínas con total disponibilidad para la digestión y para el metabolismo, cuya composición es idéntica a las exigencias para la mantenimiento y crecimiento del animal. Por tanto, el concepto de “proteína ideal” no es nuevo. Sin embargo, todavía existen algunas dificultades para su introducción en las formulaciones de dietas para pollos de engorde y otros animales. Entre ellas está el desconocimiento de la digestibilidad de los aminoácidos en los diferentes ingredientes. La relación más conveniente de la lisina con los demás aminoácidos esenciales también es bastante discutida. En el cuadro 3 se presentan algunas recomendaciones de proporciones de lisina y otros aminoácidos (Schutte). Como puede observarse, todavía existen algunas imprecisiones en esas relaciones. Sin embargo, la más importante de todas es la variación de las propuestas para la relación de la treonina con la lisina. Esa diferencia entre las propuestas es importante pues, dependiendo de la relación LYS:THR empleada, deberá añadirse treonina sintética a la dieta, lo que puede traducirse en un coste adicional, teniendo en cuenta el precio actual de ese aminoácido en el mercado internacional.

**Cuadro 3.- Relación entre lisina y otros aminoácidos, partiendo de distintas fuentes de información (Schutte, sd.)**

<b>Aminoácidos</b>	<b>Baker (1994, 1996)</b>		<b>Austic (1994)</b>	<b>CVB (1996)</b>	<b>Investigaciones Europeas *</b>
	<b>1-21 d</b>	<b>22-42 d</b>	<b>1-21 d</b>	<b>1-42 d</b>	<b>20-40 d</b>
LYS	100	100	100	100	100
MET	36	36	38	38	-
MET+CYS	72	75	72	73	75
THR	67	70	62	65	63
ARG	105	108	96	105	112
VAL	77	80	69	80	81
ILE	67	69	65	66	71
LEU	109	109	92	-	-
TRP	16	17	18	16	19
HIS	32	32	24	-	-

En la Universidad Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), en Brasil, se han realizado trabajos a partir de la identificación de los beneficios de la formulación en base a aminoácidos digestibles, manteniendo las relaciones de lisina con aminoácidos azufrados y treonina.

Dari (1996) y Dari y Penz (1996), trabajando con pollos de engorde machos de 21 a 42 días de edad, concluyeron que dietas basadas en maíz y harina de soja pueden tener el valor proteico reducido (20,0 vs 18,2%), cuando son formuladas en base a aminoácidos digestibles y parámetros de crecimiento. Sin embargo, en dichos estudios la calidad de la canal se vio perjudicada. También observaron que la formulación de dietas con bajo nivel proteico, pero suplementadas con treonina para mantener la relación LYS:THR en 100:70, mejoraron la calidad de la canal comparadas con la relación 100:67. En el mismo trabajo, los autores comprobaron, mediante análisis de contrastes, que utilizando ingredientes alternativos (5 % de harina de carne, 5% de harina de plumas y 6,5% de harina de trigo), de baja digestibilidad, la formulación en base a aminoácidos digestibles proporcionó resultados similares a los obtenidos con dietas formuladas en base a maíz y harina de soja, y mejores que con dietas formuladas en base a alimentos alternativos utilizando aminoácidos totales (cuadro 4).

**Cuadro 4.- Efecto de la formulación con aminoácidos digestibles empleando dieta basada en maíz y harina de soja o de alimentos alternativos (Dari, 1996)**

Parámetros	Maíz + Hna. Soja		Alimentos Alternativos			
	100:67	100:70	100:67		100:70	
	AAD	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD
Ganancia peso (g)	1539	1518	1451	1518	1469	1516
Consumo (g)	3154	3171	3125	3199	3146	3170
Ind. Conversión (g/g)	2,05	2,10	2,18	2,12	2,17	2,10

En el mismo laboratorio (UFRGS), Maiorka et al. (1998) trabajaron con dietas que contenían dos niveles de energía (2900 y 3200 Kcal EM/kg), formuladas con alimentos alternativos y en base a aminoácidos digestibles y totales. Los autores observaron que la utilización de fórmulas basadas en aminoácidos digestibles mejoró la ganancia de peso y el índice de conversión de pollos de engorde. También comprobaron que dietas con más energía (3200 Kcal EM/kg) resultaron en un menor consumo, una mayor ganancia de peso y un mejor índice de conversión (cuadro 5). La formulación basada en aminoácidos digestibles no mejoró la calidad de la canal. Sin embargo, los pollos alimentados con dietas de 3200 Kcal EM/kg presentaron más grasa abdominal ( $P < 0,0001$ ).

**Cuadro 5.- Efecto de la energía y de la formulación con aminoácidos digestibles sobre el crecimiento de pollos de engorde, de 21 a 42 días de edad (Maiorka et al., 1998)**

Aminoácidos	Energía	Consumo de pienso	Ganancia de peso	Índice conversión
	(Kcal EM/kg)	(g)	(g)	(g/g)
Totales	2.900	3.278	1.462	2,24
Digestibles	2.900	3.247	1.472	2,21
Totales	3.200	3.222	1.486	2,17
Digestibles	3.200	3.168	1.596	1,99
<i>Efectos Principales</i>				
Aminoácidos Totales		3.250	1.474	2,21
Aminoácidos Digestibles		3.208	1.534	2,10
2.900 kcal EM/kg		3.262	1.467	2,23
3.200 kcal EM/kg		3.195	1.541	2,08
<i>Contrastes</i>				
Aminoácidos		0,292	0,043	0,010
Energía		0,101	0,015	0,001
Aminoácidos vs Energía		0,775	0,090	0,071

#### **4.- EMPLEO DE DIETAS PRE-STARTER PARA POLLOS DE ENGORDE**

Las alteraciones anatómo-fisiológicas del aparato digestivo de pollos de engorde en los primeros días de vida son importantes. Después de la eclosión, los pesos del proventrículo, molleja, intestino delgado, hígado y páncreas aumentan más rápidamente que el peso corporal de las aves y los pesos de otros tejidos. El número de enterocitos por vellosidad también aumenta en esa fase (Dror et al., 1977; Nir et al., 1993; Noy y Sklan, 1997). Una estructura fundamental para los pollitos en los primeros días de vida es el saco vitelino. Krogdahl (1985) afirmó que las sustancias contenidas en el saco vitelino son absorbidas directamente por la membrana, por el epitelio del saco vitelino o por la mucosa intestinal, que es la menos importante de las tres vías. Nir et al. (1988) sugirieron que, en el tercer día después de la eclosión, la contribución de nutrientes del saco vitelino es irrelevante, no compensando la limitación de cualquiera de los nutrientes que deberían ser ofrecidos por la ración (cuadro 6). Nitsan et al. (1991) mostraron que líneas de pollos de engorde con mayor velocidad de ganancia de peso presentaron el saco vitelino más pesado en el momento de la eclosión. Noy y Sklan (1997) verificaron que el saco vitelino es absorbido más rápidamente en animales que recibieron alimento que en aquellos que permanecieron en ayuno. Así, dejar a los

animales sin comer en los primeros momentos de vida imposibilita el inicio de los estímulos de los nutrientes sobre el sistema digestivo y reduce la utilización de los nutrientes disponibles en el saco vitelino, los cuales son muy importantes para el desarrollo inicial de los pollitos.

**Cuadro 6.- Velocidad de la ganancia de peso y peso relativo de la membrana vitelina en diferentes edades (Nir et al., 1988)**

Parámetros		Edad (días)						
		0	3	6	8	11	17	23
Ganancia peso	%/día		12,0	18,5	15,0	16,1	16,0	9,5
Peso saco vitelino	g/100 PC	10,3	1,9	0,2	0,2	0,1	0,02	0,01

Según Moran (1985), los enterocitos desarrollados durante la fase embrionaria tienen como función prioritaria la absorción de las inmunoglobulinas, ya que son éstas las que estimulan el desarrollo de las vellosidades y el desarrollo de más enterocitos en las criptas. Son esos enterocitos los que posibilitan la síntesis de diferentes enzimas, como las carbohidratasas, capaces de digerir glúcidos complejos. El autor también observó que la secreción de alfa-amilasas es sustrato-dependiente, viéndose influida por la cantidad de almidón de la dieta. Dautlick y Strittmatter (1970) comentaron que las enzimas maltasas y sacarasas tienen actividades máximas cuando los pollitos tienen 4 días de edad. La absorción de lípidos depende de la presencia de sales biliares, de la lipasa pancreática, de las colipasas y de las lipoproteínas. Sin embargo, la secreción de sales biliares es el primer factor que limita los procesos de digestión y absorción de los lípidos. Serafin y Nesheim (1970) sugirieron que pollitos recién eclosionados no consiguen aumentar la secreción de sales biliares a pesar de existir demanda. Los pollitos también tienen una circulación enterohepática inmadura después de la eclosión. Hudson y Levin (1968) y Pratt y Turner (1971) mostraron que los embriones son capaces de absorber aminoácidos en el intestino incluso antes de la eclosión. Esa habilidad puede justificar porque los pollitos recién eclosionados no tienen problema para absorber aminoácidos. Tarvid (1992) observó que, en el día de la eclosión, los pollitos ya presentaban carboxipeptidasas A y dipeptidasas activas en el lumen del intestino. El autor sugirió que la presencia de enzimas activas no depende solamente de la edad de los pollitos, sino también del inicio del proceso de alimentación con dieta sólida. Esa observación había sido hecha anteriormente por Austic (1985), quien demostró que las concentraciones de tripsina y quimiotripsina aumentaron cuando los pollitos recibieron dietas con niveles de proteínas superiores a los valores normalmente empleados. Cuando fue suministrada una dieta sin proteína a los pollitos, se produjo una disminución de la actividad de esas enzimas.

Aunque la membrana vitelina pueda suministrar la mayoría de los nutrientes en las primeras horas de vida de los pollitos, es el estímulo del consumo de alimento sólido lo que propiciará las principales alteraciones de la estructura física del aparato digestivo y de sus secreciones, indispensables para la digestión de los nutrientes en ese momento (Newey et al., 1970, Michael y Hodges, 1973 y Baranyová y Holman, 1976). Moran (1985) también señaló que el paso de alimento por el tracto digestivo de pollitos recién eclosionados favorece el desarrollo de los enterocitos de las criptas y que, gradualmente, sustituyen a los enterocitos formados durante la fase embrionaria. Cuando tenga lugar toda la sustitución, los pollos de engorde habrán finalizado su desarrollo digestivo y de absorción de nutrientes. Por tanto, es extremadamente importante que los pollitos empiecen a consumir alimento sólido lo más rápidamente posible después de la eclosión.

Noy y Pinchasov (1993) demostraron que el suministro, vía oral, de 0,5 ml de una solución glucosa:almidón:aceite (1:1:1 vol/vol/vol ) favoreció el desarrollo de los pollitos. Ese efecto fue más significativo cuando los pollitos fueron mantenidos sin alimento ni agua durante 24 horas después de la eclosión (cuadro 7). Los pollitos mantenidos por un periodo de 24 horas sin alimento ni agua, con dos días de edad, tenían un peso inferior a los colocados inmediatamente en contacto con alimento y agua. El empleo de la solución nutritiva mejoró el peso de los pollos de engorde a los 40 días de edad respecto a los que recibieron alimento y agua inmediatamente después de la eclosión.

**Cuadro 7.- Efecto de la suplementación, vía oral de una solución nutritiva, para pollitos en contacto con alimento y agua 24 horas después de la eclosión (Noy y Pichasov, 1993)**

Edad días	Suplementado		No suplementado		Efectos principales		
	I	24 horas	I	24 horas	Suplem.	Alim.	Interacción
0	51,6	53,3	51,7	51,7	NS	NS	NS
2	57,5	46,6	57,4	44,2	NS	***	NS
6	128	110	123	95	***	***	*
13	328	301	318	270	*	***	NS
27	1147	1105	1147	1046	NS	***	NS
40	2032	1912	1915	1805	***	***	NS
CR	4112	3825	3809	3593	*	*	NS
CA	2,02	2,00	1,98	1,99	NS	NS	NS

Peso corporal (g), consumo de ración (CR-g) e índice de conversión (CA-g/g)

\*P<0,05 ,\*\*\* P<0,005; **I**= inmediatamente colocado en contacto con agua y alimento; **24 horas** = tiempo en que los pollitos fueron mantenidos sin agua ni alimento; **Suplementado** = uso de solución nutritiva; **No suplementado** = sin uso de solución nutritiva



Los mismos autores también estudiaron el efecto del empleo de la misma solución nutritiva en pollitos procedentes de lotes de reproductoras jóvenes (28 semanas de edad) o viejas (70 semanas de edad). A los 40 días de edad, el uso de la solución nutritiva favoreció el desarrollo de los pollitos de ambos orígenes. Pollos de engorde que procedían de reproductoras jóvenes, y que recibieron solución nutritiva, presentaron mejor peso que pollos de engorde procedentes de reproductoras viejas, y que no recibieron la solución nutritiva (cuadro 8).

**Cuadro 8.- Efecto del empleo de una solución nutritiva sobre la ganancia de peso de pollos de engorde (40 días) procedentes reproductoras de diferentes edades.**

(Noy y Pinchasov, 1993)

Días	Reproductora Joven		Reproductora Vieja		Efectos Principales		
	S	NS	S	NS	S/NS	Edad Reproductora	Interacción
0	40,8	40,0	49,6	50,0	NS	***	NS
40	1855	1753	1890	1800	**	*	NS

\* P<0,05    \*\* P<0,01    \*\*\* P<0,001

S = uso de solución nutritiva    NS= sin uso de solución nutritiva

Todos estos resultados están de acuerdo con lo observado por Pinchasov (1991), quien determinó que la cantidad de alimento consumido es el principal factor que afecta a la ganancia de peso de los pollos de engorde. El uso de solución nutritiva probablemente estimuló el tracto digestivo, haciendo que los pollitos que recibieron la solución se independizaran con mayor rapidez de los nutrientes del saco vitelino y se hicieran más dependientes de las fuentes externas de nutrientes.

Como pre-starter debe ser entendida la dieta que será ofrecida a los pollos de engorde en los primeros 7 días de edad. Su consumo será de aproximadamente 150 g/animal. Esa dieta tendrá como características básicas un menor nivel de grasa y, consecuentemente, menos energía metabolizable, más proteína y más sodio; ingredientes de alta calidad, evitando los ricos en polisacáridos no-amiláceos solubles, los infectados por hongos, micotoxinas o, eventualmente, oxidados.

La principal fuente de energía de la dieta de los pollitos son los glúcidos, que son fácilmente digeridos y absorbidos desde la eclosión. Sin embargo, una dieta con alto valor energético necesita tener en su composición alguna fuente lipídica, de baja disponibilidad en los primeros días de vida de los pollitos. Maiorka et al. (1997) demostraron que en dietas con varios niveles de energía metabolizable (2900, 3000 y

3100 kcal EM/kg), el consumo solo fue regulado por la energía de una forma adecuada en la tercera semana de edad (cuadro 9). Así, por los resultados obtenidos, parece no ser pertinente emplear altos niveles de energía procedentes de lípidos en la primera semana, pues el mayor consumo de energía no produce una mayor ganancia de peso ni un mejor índice de conversión de los animales. Además, si los lípidos no son totalmente absorbidos, lo que es probable, o se oxidan en el alimento, los daños que podrán causar a los pollitos en la primera semana de vida pueden ser importantes. Peróxidos, procedentes del enranciamiento oxidativo de los lípidos, comprometen la fisiología del tracto digestivo y las células en general, además de perjudicar la disponibilidad de varios nutrientes, como las vitaminas liposolubles. Esas alteraciones pueden afectar al desarrollo de los pollos en esa fase y en las fases sucesivas. En el experimento de Maiorka et al. (1997), los niveles de aceite de soja añadidos en las tres raciones fueron 1,1; 3,6 y 6,1%, respectivamente. En síntesis, la probabilidad de oxidación de las grasas fue mayor cuanto mayor fue el nivel de adición de aceite en la dieta. Cabel et al. (1988) demostraron que 7 meq/kg de peróxido en la dieta de pollos de engorde perjudicó la ganancia de peso y el índice de conversión de los animales a los 21 y 42 días de edad. Lamentablemente, los autores no registraron las disminuciones en el crecimiento durante la primera semana de edad de la aves.

**Cuadro 9.- Efecto de la energía metabolizable de la dieta sobre el consumo de pienso (g) y de energía metabolizable (Kcal) (Maiorka et al., 1997)**

	Edad días	Nivel de EMA (kcal/kg)		
		2900	3000	3100
<i>Consumo de ración</i>	1-7	177	178	177 *
	8-14	423	402	403 **
	15-21	701	675	662 **
<i>Consumo de EMA</i>	1-7	513	534	549
	8-14	1227	1206	1249
	15-21	2033	2025	2052

\* NS    \*\* linear

Hargis y Creger (1980) demostraron que pollos de engorde alimentados con dietas no suplementadas con lípidos en los primeros 7 días de vida, independientemente del nivel de energía de las dietas después de ese periodo, depositaron menos grasa abdominal a los 49 días de edad. Sin embargo, esos resultados no coinciden con los presentados por Maurice et al. (1982). Jensen et al. (1987) mostraron que lo que más

afecta al nivel de grasa abdominal a los 49 días de edad es una dieta ofrecida en los primeros 7 días con alto nivel proteico (28 vs 23%), independientemente del nivel de energía. También Bartov (1987) observó que el nivel de grasa añadido o la relación energía:proteína empleados en dietas ofrecidas a los pollos de engorde en la primera semana de vida no influyeron en la deposición de grasa a las 7 semanas de edad.

Con relación al sodio, el NRC (1994) recomienda el nivel de 0,20% para pollos de engorde en las tres primeras semanas de edad, siendo diferente al valor sugerido en 1977 y 1984, que era de 0,15%. Britton (1992) mostró que el 0,15% de sodio no permitió la mejora del crecimiento de los pollos de engorde. Este autor estudió el efecto de la adición de sodio, en forma de cloruro de sodio, en pollos hasta 7 días de edad. Por los resultados presentados, la exigencia de sodio total para pollitos en la primera semana de edad es alrededor de 0,39%. Maiorka et al. (1998), trabajando con niveles crecientes de sodio total (0,10, 0,22, 0,34 y 0,46%) en dietas presstarter para pollos de engorde, observaron que el nivel adecuado de sodio en esa fase es superior al sugerido por el NRC (1994) y muy próximo al recomendado por Britton (1992). Las ecuaciones de regresión obtenidas en el trabajo sugirieron los siguientes coeficientes, para consumo de agua 0,44%, para consumo de ración 0,40%, para ganancia de peso 0,40% y para nivel de conversión 0,38%. En ese estudio también se demostró que el aumento del consumo de pienso estaba correlacionado con el consumo de agua, con la ganancia de peso y el índice de conversión de los pollos. Los autores comprobaron que el nivel de sodio no interfirió en la excreción de agua, dato interesante y que pone en duda el paradigma que relaciona peor calidad de cama con situaciones de aumento de la suplementación de sodio (cuadro 10). En el mismo experimento, los autores evaluaron el efecto de la relación entre sodio, potasio y cloro de las dietas. Las ecuaciones de regresión sugirieron para consumo de agua 79 meq/kg, para consumo de ración 174 meq/kg, para ganancia de peso 163 meq/kg y para índice de conversión 137 meq/kg. Mongin (1981) sugirió que la mejor relación para pollos de engorde sería de 250 meq/kg.

**Cuadro 10.- Efecto de la suplementación de sodio en el consumo de agua (ml), consumo de ración (g), ganancia de peso (g), índice de conversión (g/g) y humedad de la excreta de pollitos en la primera semana de edad (Maiorka et al., 1998)**

<b>Sodio (%)</b>	<b>Consumo agua</b>	<b>Consumo ración</b>	<b>Ganancia peso</b>	<b>Índice conversión</b>	<b>Humedad excreta</b>
0,10	213 a	124 a	67 a	1,85 a	68,3
0,22	282 b	139 b	104 b	1,34 b	69,7
0,34	303 bc	148 b	116 bc	1,28 b	70,9
0,46	322 c	147 b	119 c	1,24 b	71,0

Trabajos realizados por Jensen et al. (1987) y Bartov (1987) demostraron que el nivel de proteína de la dieta en la fase pre-starter tiene efectos contradictorios en el crecimiento y en la composición de la canal de los pollos al sacrificio. Sin embargo, Penz (1992) encontró que, teóricamente, los pollos de engorde necesitan más proteína en los primeros días de vida, cuando los valores son expresados en función del peso del animal elevado a la potencia 0,75. A partir de aproximadamente 17 días, las exigencias proteicas diarias, expresadas por kilogramo de peso metabólico, son inferiores a las de la primera fase y bastante constantes hasta el final. El autor se pregunta la razón de esa discrepancia en las exigencias proteicas. La hipótesis sostenida fue que los pollos de engorde, en la primera fase de vida, necesitan un ambiente con elevada temperatura, lo que normalmente no está disponible. La forma que las aves encontrarían para compensar esa falta de temperatura ambiental sería consumiendo más proteína de la que teóricamente deberían, catabolizando el exceso de algunos aminoácidos. El catabolismo de los aminoácidos genera calor metabólico, lo que sería beneficioso en los primeros días de vida de los pollos de engorde. Si esa hipótesis tiene fundamento, pollos de engorde criados en ambiente termoneutro necesitan menos proteína que los criados en ambientes fríos.

## **5.- GRANULOMETRÍA DE LAS DIETAS DE POLLOS DE ENGORDE**

La granulometría que debe ser aplicada a los ingredientes que componen las raciones de pollos de engorde ha sido muy discutida entre los técnicos que trabajan en la alimentación de estos animales.

Hay pocas informaciones referidas a pollos de engorde que justifiquen alteraciones fisiológicas de su tracto gastrointestinal cuando reciben como alimento, ingredientes fina o gruesamente molidos. Todo indica que las particularidades que existen en mamíferos, en especial en cerdos, poco o nada tienen que ver con lo que puede ocurrir en las aves. Lindenmaier y Kare (1959) ya afirmaban que los sentidos del gusto y del olfato están menos desarrollados en las aves que en los mamíferos. Hill (1971) agregó que las aves tienen en la boca solamente 12 papilas gustativas rudimentarias, en contraposición con los mamíferos, que tienen varios millares. Gottschaldt y Lausmann (1974) comentaron que la falta de la habilidad de esos sentidos es compensada por mecanoreceptores localizados en el pico de las aves. Savory (1979) sugirió que el tamaño y la consistencia de las partículas del alimento afectan a las respuestas sensoriales que provocan la alteración en el comportamiento de consumo. Nir et al. (1994) observaron que los pollos de engorde prefieren alimentos con partículas más grandes. Esa observación fue demostrada por los autores, empleando maíz, sorgo o trigo. Aparentemente, esa preferencia por partículas más grandes aumenta con la edad. Los autores confirmaron que para los pollos de engorde los mecanoreceptores son más importantes que los sensores químicos. Los mismos autores (Nir et al., 1994) citaron a

Lott (1989), quien demostró que las partículas más grandes tienen una velocidad de tránsito por el tracto digestivo menor que las partículas más pequeñas. Sin embargo, esos autores (Nir et al., 1994) también observaron que hay una disminución en la digestibilidad de los nutrientes cuando son empleadas partículas finas ya que causan atrofia en la molleja y una discreta hipertrofia del intestino, eventualmente causada por una fermentación bacteriana. Además, las alteraciones en el tracto gastrointestinal pueden, de alguna manera, afectar el apetito de los pollos de engorde. Nir et al. (1995) sugirieron que la degradación de las partículas en el intestino delgado proximal es más lenta cuando son más grandes. Esa característica hace que la peristalsis aumente, lo que puede llevar a una mejor utilización de los nutrientes. Confirmando la preferencia de los pollos por ingerir partículas más grandes, Klein (1996) trabajó con dietas granuladas, 50% granulada y 50% granulada/molida, molida y en harina y verificó que las aves, si pueden seleccionar, buscan las partículas más grandes primero (Cuadro 11).

**Cuadro 11.- Efecto del tamaño de las partículas de la dieta en la preferencia de consumo. Porcentaje de dieta retenida en tamiz 4 mm, por horario de colecta (Klein, 1996)**

<b>Horario</b>	<b>Granulada</b>	<b>50 G/50 M</b>	<b>Molida</b>
9:00	95,9	62,5	5,8
11:00	92,8	39,2	2,4
13:00	86,3	25,0	2,1
15:00	81,0	18,2	2,7
17:00	74,0	9,1	3,4

El tamaño de las partículas se establece a partir del diámetro geométrico medio (DGM). Para que la información de la granulometría sea completa se aconseja que una medida de dispersión acompañe esos datos. Esta medida de dispersión viene dada por el “desvío patrón geométrico” (DPG), que establece una relación de amplitud de la variación de la granulometría de las diferentes partículas. Así, la información utilizada para establecer la granulometría en relación al porcentaje retenido en un determinado tamiz no es correcta y aporta poco al conocimiento de la calidad de molienda utilizada.

En pollos de engorde, Nir et al. (1994) trabajaron con dietas basadas en maíz, trigo o sorgo, donde los granos fueron molidos en molino de martillos y las partículas fueron separadas en finas (DGM de 0,57 a 0,67 mm), medias (DGM de 1,13 a 1,23 mm) y gruesas (DGM de 2,01 a 2,10 mm). Los pollos fueron alimentados con estas dietas de 1 a 21 días de edad. En el periodo que va de 1 a 7 días, los autores no observaron ninguna diferencia en el desarrollo de los animales. Sin embargo, en el periodo de 7 a 21 días se observaron diferencias significativas ( $P < 0,01$ ). Así, pollos alimentados con partículas finas, independientemente del cereal utilizado, consumieron menos ración, tuvieron menor ganancia de peso y un peor índice de conversión (cuadro 12).

**Cuadro 12.- Efecto del tamaño de partículas de los cereales en el crecimiento de pollos de engorde (Nir et al., 1994)**

Parámetros		Textura		
		Fina	Media	Gruesa
Diámetro Geométrico Medio	mm	0,57-0,67	1,13-1,23	2,01-2,10
Peso (7 días)	g	127	131	126
Consumo (7 días)	g	106	106	111
Índice conversión (7 días)	g/g	0,68	0,67	0,66
Ganancia Peso (7-21 días)	g	357 b	427 a	401 a
Consumo Ración (7-21 días)	g	591 b	662 a	645 a
Índice conversión (7-21 días)	g/g	0,604 b	0,642 a	0,622 ab

Nir et al. (1994), evaluando los efectos de la granulometría de los granos sobre las características de diferentes órganos, observaron que, a los 7 días de edad, el peso y el contenido de la molleja de los pollos alimentados con granos finamente molidos, eran menores ( $P < 0,01$ ) y el pH mayor ( $P < 0,01$ ) que en pollos alimentados con partículas más grandes. Las mismas diferencias fueron observadas con 21 días de edad. Con relación al duodeno, las partículas medias y gruesas disminuyeron el peso ( $P < 0,05$ ), pero no afectaron al contenido ( $P > 0,05$ ). Esa misma tendencia fue observada en el peso ( $P < 0,07$ ) y en el contenido ( $P < 0,01$ ) del yeyuno+íleon y en el peso del ciego ( $P < 0,06$ ). El pH del contenido intestinal fue mayor ( $P < 0,05$ ) cuando se emplearon partículas medias y gruesas. No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en los pesos del hígado y el páncreas (cuadro 13).

En base a todos los resultados fisiológicos y de crecimiento, los autores (Nir et al., 1994) sugirieron que los pollos jóvenes prefieren dietas con granos cuyo tamaño de partícula DGM se encuentre alrededor de 0,7 y 0,9 mm. Esos valores coinciden con los propuestos por Nir et al. (1994) quienes sugirieron, para pollos de engorde entre 1 y 21 días, 0,769 como mejor DMG para dietas basadas en maíz ( $P < 0,01$ ), y discrepan con el valor de DGM propuesto por Lott et al. (1992), que determinaron que partículas con DGM de 1,196 mm, en dietas basadas en maíz y harina de soja, son muy grandes y pueden perjudicar el desarrollo de los pollos de engorde jóvenes. Sin embargo, los autores (Nir et al., 1994) también llamaron la atención sobre el hecho de que el DGM no debe ser la única medida para evaluar el tamaño de las partículas de la dieta. Es importante que también se tenga en cuenta el DPG, que representa la variabilidad de tamaño de las partículas entre sí. Cuanto menor sea el DPG, mejor será el desarrollo de los pollos de engorde. Los autores mostraron que cuando el DPG se aproximó a 2,

independientemente del DGM, el desarrollo de los pollos de engorde resultó perjudicado ( $P < 0,01$ ).

**Cuadro 13.- Efecto del tamaño de las partículas en los diferentes órganos de los pollos de engorde (Nir et al., 1994)**

Parametros		Textura		
		Fina	Media	Gruesa
Diámetro Geométrico Medio	mm	0,57-0,57	1,13-1,23	2,01-2,10
Peso molleja (7 días)	g	3,95 b	4,50 a	4,87 a
Contenido molleja (7 días)	g	1,38 b	2,96 a	3,02 a
pH molleja (7 días)		3,47 a	3,03 b	2,74 b
Peso molleja (21 días)	g	2,22 c	2,80 b	3,13 a
Contenido molleja (21 días)	g	0,44 b	2,20 a	2,03 a
pH molleja (21 días)		3,57 a	2,77 b	2,91 b
Peso Duodeno (21 días)	g	1,25 a	0,89 b	1,07 b
Peso Yeyuno/Íleon (21 días)	g	3,75	3,15	3,44
Contenido Yeyuno/Íleon (21 días)	g	3,95 a	2,90 b	2,94 b
Peso Ciego (21 días)	g	1,82	1,51	1,60
pH Intestino (21 días)		5,97 b	6,23 a	6,35 a

Un estudio reciente de Magro y Penz (1998), con dietas que incluían maíz con granulometrías crecientes, demostró que las mejores respuestas productivas fueron alcanzadas con la ración que tenía el mayor DGM (cuadro 14).

El problema de la granulometría no se reduce a los granos o a la dieta total. Brugalli (1996) mostró que la granulometría es también una variable importante para evaluar la calidad de una harina de carne (20 y 40% de sustitución). Trabajando con pollitos entre 15 y 24 días de edad, observó que la harina de carne con DGM de 590 micras tuvo un valor de energía metabolizable inferior a la misma harina de carne con DGM de 510 y 420 micras, independientemente del nivel de sustitución empleado (cuadro 15). El autor observó que el nivel de inclusión de la harina de carne en el pienso también fue importante en la determinación de la energía metabolizable de la dieta. Con el nivel más bajo se obtuvo el mejor valor de energía metabolizable. Además, el nivel de inclusión tuvo mayor efecto sobre la energía metabolizable de la harina de carne cuando el tamaño de la partícula de ese ingrediente fue mayor.

**Cuadro 14.- Efecto de la granulometría de la ración sobre el desarrollo y sobre las características de los órganos de los pollos de engorde de 21 a 42 días de edad (Magro y Penz, 1998)**

Parámetros	Granulometría (micras)				
	337	574	679	777	867
Consumo pienso (g)	2412 b	2414 b	2444 ab	2604 ab	2623 a
Ganancia peso (g)	1430 b	1529 ab	1543 ab	1569 a	1613 a
Índice conversión (g/g)	1,69 a	1,58 b	1,59 b	1,66 ab	1,63 ab
Peso Molleja (g)	26 d	36 bc	35 c	41 ab	42 a
Peso Pechuga (g)	466	486	491	484	501
Peso Pierna/muslos (g)	470 b	513 a	496 ab	501 ab	509 ab
Grasa Abdominal (g)	47	45	48	49	49

**Cuadro 15.- Efecto de la granulometría de la harina de carne sobre su energía metabolizable (Brugalli, 1996)**

Granulometría (micras)	Niveles de Sustitución		Media
	20%	40%	
590	2.370	1880	2.130 b
510	2.800	2490	2.650 a
420	2.620	2440	2.530 a
Media	2.600 a	2.270 b	

## 6.- GRANULACIÓN DE LAS DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDE

Bolton (1960) atribuyó a la hiperfagia la mejora en el desarrollo de los pollos de engorde que consumen dietas granuladas. Esos datos coinciden con los obtenidos por Klein (1995), Lecznieski et al. (1996) y Maiorka et al. (1997). Sin embargo, Jensen et al. (1962) afirmaron que la granulación no afecta a la cantidad de alimento consumido sino que disminuye el tiempo de consumo de alimento y, en consecuencia, reduce el gasto de energía para consumo, dejando más energía disponible para ganancia de peso. Moran (1987) comentó que la ventaja de la granulación también está en el aumento de la digestibilidad de los nutrientes por el proceso mecánico y por la acción de la



temperatura. La digestibilidad de los carbohidratos aumenta porque la amilosa y la amilopectina están organizadas en gránulos y el tratamiento térmico disgrega esos gránulos, facilitando la acción enzimática. La granulación también solubiliza parcialmente las proteínas, por la alteración de sus estructuras naturales, y libera varios nutrientes con la rotura de la pared de las células. Sin embargo, Moran (1987) llamó la atención sobre el hecho de que el exceso de temperatura durante la granulación puede comprometer la disponibilidad de lisina (reacción de Maillard). Según el autor (Moran, 1987), otra ventaja de la granulación es que a las aves les gusta ingerir partículas un poco menores que su cavidad bucal. Además, las aves producen una saliva muy viscosa, que tiene la finalidad de lubricar el alimento para ser ingerido. Cuando el gránulo está íntegro, la cantidad de saliva es suficiente para hacer ese trabajo. En dietas en harina o con gránulos poco resistentes, las aves necesitan más saliva, la cual no puede ser producida. En ese caso, cuando la dieta tiene ingredientes que favorecen la reacción con la saliva formando una pasta (trigo, centeno y cebada), suministrar al animal dietas granuladas o gruesamente molidas de ese ingrediente favorece el consumo. Cuando eso no es posible, la pasta se adhiere a los cantos de la boca, donde están los conductos salivares, perjudicando la secreción de saliva y dificultando, en consecuencia, el consumo de pienso. Muchas veces, esto favorece la multiplicación microbiana. McNaughton (1984) también sugirió que la granulación destruye inhibidores de crecimiento y microorganismos y reduce la disgregación y las pérdidas de pienso. Nir et al. (1995) demostraron que la granulación altera el tamaño y la resistencia de las partículas, afectando a los impulsos sensoriales relacionados con el comportamiento de la ingestión de alimentos.

Klein et al. (1995) estudiaron el efecto de la forma física de la dieta (granulada o harina) sobre las respuestas del metabolismo energético de pollos de engorde de 21 a 42 días de edad. Usando la técnica del sacrificio comparativo, los autores verificaron que la granulación favoreció ( $P < 0,05$ ) el consumo, la retención y la eficacia de la energía metabolizable aparente (EMA). Ese aumento de la retención de energía, causado por la granulación, no afectó a la cantidad de proteína retenida/día ( $P > 0,05$ ) pero afectó significativamente a la retención de grasa bruta. Así, en animales que recibieron dietas granuladas, el porcentaje de energía bruta retenida como proteína disminuyó y el porcentaje de energía bruta retenida como grasa bruta aumentó (cuadro 16). Esas observaciones coinciden con los resultados de otros trabajos, que demuestran que aves alimentadas con dietas granuladas tienden a tener mayor deposición de grasa y, en consecuencia, menor deposición de proteína.

El empleo de dietas granuladas puede ser una alternativa para aumentar el consumo de alimento y, con ello, el desarrollo de pollos de engorde, cuando son sometidos a alta temperatura ambiental. Howlinder y Rose (1992) mostraron que la granulación de una dieta con baja energía metabolizable (EM) produjo la misma ganancia de peso en machos y hembras que el aumento de EM de la dieta en harina cuando la temperatura estuvo próxima a la zona de confort térmico del animal. En

ambiente con alta temperatura, el efecto de la granulación fue más importante. Independientemente de la temperatura ambiental, el consumo de EM/kg de ganancia de peso, para cada tipo de dieta y sexo, no se modificó. Sin embargo, lo que llama la atención es que la granulación disminuyó los valores de consumo de EM/ganancia de peso cuando fueron comparados con los consumos de la aves que recibieron las dietas en harina, con la misma o con diferente EM en la ración (cuadro 17). Esa mejor eficacia de utilización de la EM es lo que hace que la granulación sea también una alternativa interesante en ambientes calientes, cuando la tendencia, para algunos, es aumentar la EM de la dieta para aumentar la participación de grasa en la fórmula y, eventualmente, disminuir el incremento calórico.

**Cuadro 16.- Efecto de la forma física de la dieta sobre las respuestas del metabolismo energético de pollos de engorde de 21 a 42 días de edad (Klein et al., 1995)**

Parámetros		Dieta Granulada	Dieta en Harina	Probabilidad
Consumo EMA	kcal/kg <sup>0,75</sup> /d	355,2	323,5	0,05
Retención EC	kcal/kg <sup>0,75</sup> /d	144,0	109,0	0,05
Efic. Ret. EMA Cons.	kcal/kcal	0,405	0,336	0,05
Incremento Calórico	kcal/kg <sup>0,75</sup> /d	51,7	55,0	NS
Retención Proteína	g/kg <sup>0,75</sup> /d	10,7	10,8	NS
Retención Grasa	g/kg <sup>0,75</sup> /d	9,3	5,3	0,05
EB Retenida como PC	%	41,8	57,0	NS
EB Retenida como GC	%	60,1	44,1	0,05

Se han realizado algunos estudios para evaluar la influencia del tamaño de las partículas en la calidad del gránulo. Nilipour (1994), coincidiendo con la mayoría de las referencias bibliográficas, demostró que partículas finas y uniformes favorecen la absorción de agua, indispensable para la pre-digestión de los ingredientes y para la formación de gránulos más rígidos. Sin embargo, Reece et al. (1986) estudiando el efecto del tamaño de las partículas de maíz en la resistencia de los gránulos obtuvieron resultados contrarios a los de Nilipour (1994). Los autores usaron molino de martillos con tamices de 3,18; 6,35 y 9,53 mm, que proporcionaron DGM de 0,679; 0,987 y 1,289 mm, respectivamente. Usando el test de Seedburo (KSU), demostraron que el tamaño de las partículas afectan poco a la resistencia de los gránulos. Sin embargo, los mejores gránulos fueron obtenidos con las partículas de maíz más grandes.

**Cuadro 17.- Efecto de la granulación y del nivel de energía de la dieta en el desarrollo de pollos de engorde, de 22 a 49 días de edad (Howlider y Rose, 1992)**

Temperatura °C	3107 kcal/kg EMA Harina		3107 kcal/kg EMA Granulada		3585 kcal/kg EMA Harina	
	M	H	M	H	M	H
<i>Ganancia de Peso (kg)</i>						
17	1,80	1,56	2,04	1,63	2,00	1,65
21	1,72	1,52	2,04	1,60	1,93	1,58
25	1,79	1,46	1,93	1,54	1,86	1,48
29	1,58	1,33	1,76	1,44	1,64	1,36
<i>Consumo de Energía (Mcal/ave)</i>						
17	11,8	10,8	12,4	11,1	13,2	11,6
21	11,0	10,3	12,4	10,4	12,5	11,2
25	11,0	9,9	11,5	10,0	12,2	10,7
29	10,2	9,0	10,7	9,4	10,9	9,5
<i>Consumo de Energía (kcal/kg ganancia de peso)</i>						
17	6,6	6,9	6,1	6,8	6,6	7,0
21	6,4	6,8	6,1	6,5	6,5	7,1
25	6,1	6,8	6,0	6,5	6,6	7,2
29	6,5	6,8	6,1	6,5	6,6	7,0

Temperatura y dieta (P<0,01)

Evaluando el efecto de la calidad del gránulo en el crecimiento de pollos de engorde, Klein (1996) mostró que, independientemente de la integridad de la estructura física del gránulo, el crecimiento de los pollos siempre fue mejor que el de aquellos alimentados con dietas en harina. Sin embargo, entre los tratamientos con las dietas que sufrieron granulación, los mejores resultados fueron para los pollos que recibieron gránulos íntegros (cuadro 18). Eso permite concluir que granular una dieta es un procedimiento bastante recomendado. Sin embargo, si se pueden producir gránulos de buena calidad, los resultados de desarrollo serán aún mejores.

**Cuadro 18.- Desarrollo de los pollos alimentados con dietas con diferentes estructuras físicas y EM en el periodo de 21 a 42 días de edad.**

	2900 kcal EM/kg				3200 kcal EM/kg			
	Gran.	50/50	Molida	Hna.	Gran.	50/50	Molida	Hna.
Consumo (g)	3357a	3302b	3242b	2745y	3130c	3091c	3083c	2830d
Δ Peso (g)	1646ab	1617bc	1566c	1280y	1703a	1646ab	1632b	1442d
IC (g/g)	2,04	2,05	2,07	2,15	1,84	1,88	1,89	1,96

## **7.- USO DE GRANOS ENTEROS EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDE**

Varios fueron los motivos que llevaron a los investigadores a evaluar la posibilidad de emplear granos de cereales enteros en dietas de pollos de engorde. Rose et al. (1995) comentaron que, en Inglaterra, los procesos de almacenamiento, molienda, mezcla, granulación y transporte de granos hace que sus costes aumenten hasta un 20%.

Han sido presentados algunos trabajos empleando granos enteros de trigo en la ración de ponedoras en recría (McIntosh et al., 1962), en producción (El'neil, 1964) o en pollos de engorde (Covasa y Forbes, 1994 y Rose et al., 1995). Ese tipo de trabajos ha estimulado el uso de granos enteros ya que puede permitir el empleo de los mismos a mayor escala. Ese es el caso del trigo. Ese procedimiento reduce los costes y las dificultades de molienda. Bennett et al. (1995) diluyeron la ración con niveles crecientes de granos de trigo, ofrecido en forma de granos enteros o granulados/molidos. Las ganancias de peso y las mortalidades de machos y hembras no se vieron afectados por la dilución de la dieta con trigo o por la forma física con que el trigo fue empleado. La dilución de la dieta con trigo afectó al índice de conversión de los machos al final del experimento pero no afectó al índice de conversión de las hembras.

En el cuadro 19 se presentan los resultados medios de ganancia de peso y de índice de conversión de machos y hembras, así como los valores de índice de conversión de machos al final del experimento. Los autores también concluyeron que la molleja de las aves es capaz de adaptarse para favorecer la molienda del trigo entero ofrecido. Concluyeron así que la dilución de la dieta con los diferentes niveles de trigo (entero o molido) no fue suficiente para perjudicar la ganancia de peso de los pollos (machos y hembras) pero perjudicó la conversión alimenticia de los machos pues, posiblemente, ellos necesitan más proteína en la dieta que las hembras. Sin embargo, afirmaron que las pérdidas fueron debidas a la dilución de la dieta y no a la forma física del trigo ofrecido, al considerar que los pollos de los tratamientos 4 y 5 tuvieron igual índice de conversión.

**Cuadro 19.- Efecto de la dilución de la dieta con trigo o de la forma física del trigo en la ganancia de peso (g) y en el índice de conversión (kg/kg) de pollos de engorde (Bennett et al., 1995)**

Fase	Trigo	Tratamientos					
		1	2	3	4	5	6
I	TI	0	5	5	5	0	2,5
	TPM	0	0	0	0	0	2,5
C	TI	0	10	15	20	0	10
	TPM	0	0	0	0	20	10
F	TI	0	15	22,5	30	0	15
	TPM	0	0	0	0	30	15
GP 41 días mixtos		2327	2262	2268	2264	2264	2269
CA 21-31 días mixtos		1,73 a	1,75 ab	1,76 ab	1,79 ab	1,81 ab	1,80 ab
CA 31-41 días mixtos		2,13 a	2,14 ab	2,16 ab	2,25 b	2,23 ab	2,24 ab
CA 11-41 días machos		1,75 a	1,80 ab	1,81 ab	1,85 b	1,86 b	1,84 b

P<0,05

I=inicial C=crecimiento F=final TI=trigo entero TPM=trigo granulado/molido

Rose et al. (1995) mostraron que, cuando se ofreció trigo entero a pollos de engorde en forma secuencial con una dieta balanceada, siempre que el periodo de oferta de trigo entero fuese de alrededor a 8 horas, la ganancia de peso de los animales se vio significativamente perjudicada. Los autores observaron que, cuando el periodo fue de 4 horas, los pollos consumieron poco trigo (20% del consumo total), posiblemente esperando la dieta balanceada que vendría por un periodo más largo. Con más de 8 horas, tuvieron que consumir el trigo entero aunque ese consumo provocara un peor balance final de la dieta diariamente consumida. Los autores también observaron que los pollos consumieron menos alimento total y que eso puede haber producido un peor resultado cuando el suministro de trigo entero fue secuencial y con más o menos 8 horas de oferta.

Los pollos siempre disminuyen el consumo de ración cuando les ofrecen una dieta mal balanceada. Cuando se les ofreció a los pollos la opción entre trigo entero o dieta balanceada, solamente el 5% del consumo total fue trigo entero. En otro experimento, los autores (Rose et al., 1995) compararon el uso de cuatro diferentes

formas de suministro de alimentos. Usaron una dieta completa, granulada (T1), una alternativa de alimentación secuencial de 8 horas con grano de trigo y las demás horas con la dieta completa (T2), una dieta con mezcla de grano de trigo y dieta balanceada en proporción creciente de 40:60, 50:50 y 60:40 (T3) y una dieta con opción constante de grano de trigo y de dieta balanceada (T4). La ganancia de peso, el consumo de ración y el índice de conversión de las aves alimentadas con la dieta completa (T1) y con la mezcla de grano de trigo y la dieta balanceada (T3) fueron similares. Sin embargo, la humedad de las heces fue diferente ( $P<0,05$ ) y el coste de producción de los pollos alimentados con la dieta completa (T1) fue un 7,8% más caro que el coste de los que recibieron mezcla de grano de trigo y dieta balanceada (T3). Los pollos sometidos a los otros dos tratamientos (T2 y T4) obtuvieron una ganancia de peso y un consumo de alimento estadísticamente menores ( $P<0,05$ ) (cuadro 20).

**Cuadro 20.- Efecto en el crecimiento de pollos de engorde (24 a 45 días), humedad de las heces (34 y 43 días) y coste de producción, de diferentes formas de suministro del alimento (Rose et al., 1995)**

Parámetros		T1	T2	T3	T4
Ganancia de peso	kg	1,60	1,48	1,60	1,51
Consumo de pienso	kg	3,12	2,83	3,11	2,71
Índice de Conversión	kg/kg	1,95	1,92	1,94	1,80
Consumo Trigo Entero	%	---	47	51	20
Relación EN:PC	kcal:%	149	140	149	115
Humedad heces 34 días	%	66,7	70,5	70,2	69,0
Humedad heces 43 días	%	67,9	72,3	72,8	70,6
Coste pienso	c/kg	19,8	18,9	18,4	22,2
Coste/kg Ganancia de Peso	c/kg	38,6	36,1	35,8	39,9

Munt et al. (1995) suministrando a pollos de engorde de 21 a 42 días de edad, dietas granuladas, en harina o con ingredientes separados para libre selección, también observaron que los animales que consumieron dieta granulada tuvieron mayor peso corporal que aquellos que recibieron dieta en harina. Los pollos que tuvieron libre acceso a los ingredientes tuvieron el peor peso a los 49 días de edad. Los autores sugieren que el posible bajo consumo de sorgo fue causado por una eventual preferencia por el trigo, lo que no coincide con las observaciones de Cumming (1983), quien observó que los pollos prefirieron el sorgo en lugar del trigo. Los autores (Munt et al., 1995) también atribuyeron el rechazo del sorgo a su peor palatabilidad, causada por los taninos, aún cuando se presentaban a baja concentración.

## **8.- CONCLUSIONES**

Las nuevas exigencias de los clientes con relación a la calidad de los productos avícolas, acompañadas por la pérdida de margen en el negocio provocada por la alta competitividad, fuerza a la industria avícola a sofisticarse para poder atender a la demanda futura y estar en condiciones de mantener el negocio de una forma rentable. Entre los aspectos fundamentales para que eso ocurra está el claro entendimiento de las necesidades nutricionales de las aves en las diferentes fases de producción. La nutrición no sólo es responsable del mayor coste individual del sector sino que también puede interferir en la calidad del producto ofrecido al mercado. Varios son los aspectos que están siendo actualmente considerados para que la nutrición pueda colaborar todavía más en el rentabilidad de la actividad. Seguramente, los niveles nutricionales de los pollos de engorde deberán ser tratados de acuerdo con el sexo y la época del año en que los animales serán criados. La formulación de las dietas en base a aminoácidos digeribles permitirá el uso menos restringido de varios alimentos alternativos que actualmente son poco empleados. También los procesos de molienda y, consecuentemente, la granulometría de las dietas serán muy estudiados, siendo la granulación cada vez más determinante en la fabricación de raciones. Durante el crecimiento de los pollos, se deberán introducir más dietas alternativas. Entre ellas, la más probable a ser empleada será la dieta para la fase pre-starter, de 1 a 7 días, donde los pollos serán alimentados con una dieta diferente de la que se está utilizando actualmente. Cuando la molienda de granos se vuelva complicada, será posible introducir dietas constituidas por mezclas con granos no molidos.

## **9.- REFERENCIAS**

- AUSTIC, R.E. (1985) *J. Nutr.* 115:686-697.
- BARANYIOVÁ, E. y HOLMAN, J. (1976) *Acta. Vet. Brno.* 45:151-158.
- BARTOV, I. (1987) *Brit. Poult. Sci.* 28:507-518.
- BENNETT, C.D., Classen H.L. y Riddell, C. (1995) *Can. J. Animal. Sci.* 75:611-614.
- BOLTON, W. (1960) *J. Agric. Sci.* 55:141-142.
- BRITTON, W.M. (1992) *Effect of dietary salt intake on water and feed consumption.* Proc. 1992 Georgia Nutr. Conf. for Feed Ind. 48-53.
- BRUGALLI, I. (1986) *Efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo e nos valores energéticos da farinha de carne e ossos e exigência nutricional de fósforo de pintos de corte.* Universidade Federal de Viçosa. 83p. Diss. Mestr. Zootecnia.
- CABEL, M.C., WALDROUP, P.W., SHERMER, W.D. y CALABOTTA, D.F. (1988) *Poult. Sci.* 67:1725-1730.
- CUMMING, R.B. (1983) En: *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia.* Ed. Farrell, D.J. y P. Vohra. pp:313-316 (Armidale, NSW, University of New England).
- DARI, R.L. (1996) *Uso de aminoácidos digestíveis e do conceito de proteína ideal na formulação de rações para frangos de corte.* Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 146 p. Diss. Mestr. Zootecnia.

- DARI, R.L y PENZ, A.M.Jr. (1996) *The use of digestible amino acid and ideal protein concept in diet formulation for broilers*. 85th Annual Meeting of Poultry Science Association. p 85.
- DAUTLICK, J. y STRITTMATTER, C.F. (1970) *Biochem. Biophys. Acta.* 222:444-454.
- DROR, Y., NIR, I. y NITSAN, Z. (1977) *Br. Poult Sci.* 18:493-496.
- GOTTSCHALDT, K.M. y LAUSMANN, S. (1974) *Cell Tissue Res.* 153:477-496.
- HARGIS, P.H. y CREGER, C.R. (1980) *Poult. Sci.* 59:1499-1504.
- Hill, K.J. (1971) En: *Physiology and Biochemistry of The Domestic Fowl*. Ed. Bell, D.J. e Freeman, B.M. Volume 1, pp:1-23, London, Academic Press.
- HOWLIDER, M.A.R. y ROSE, S.P. (1992) *Animal Feed Sci. Tech.* 38:71-78.
- HUDSON, D.A. y LEVIN, R.J. (1968) *J. Physiol.* 195:369-385.
- JENSEN, L.S., MERRIL, L.H., REDDY, C.V. y MCGINNIS, J. (1962) *Poult Sci.* 41:1415-1419.
- JENSEN, L.S., BRENES, A. y TAKAHASHI, K. (1987) *Poult Sci.* 66:1517-1523.
- KLEIN, C.H. (1996) *Efeito da forma física e do nível de energia da ração sobre o desempenho, a composição de carcaça e a eficiência de utilização da energia metabolizável consumida por frangos de corte*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 117p. Diss. Mestr. Zootecnia.
- KLEIN, C.H., KESSLER, A.M. y PENZ, A.M.Jr. (1995) *Efeito da forma física da ração sobre alguns parâmetros de metabolismo energético de frangos de corte*. Anais da XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Brasília, DF. pp.482-483.
- KROGDAHL, A. (1985) *J. Nutr.* 115:675-685.
- LECZNIESKI, J., MAIORKA, A., MEINERTZ, C., KOLLING, A. y PENZ, A.M.Jr. (1996) *Anais da Conferência Apinco 1996 de Ciência e Tecnologia Avícolas*. p.51.
- LINDENMAIER, P. y KARE, M.R. (1959) *Poult Sci.* 38:545-550.
- LOTT, B.D., DAY, E.J., DEATON, J.D. y MAY, J.D. (1992) *Poult Sci.* 71:618-624.
- MAGRO, N. y PENZ, A.M.Jr. *Efeito da granulometria da ração no desempenho e nas características teciduais de frangos de corte alimentados dos 21 aos 42 dias de idade*. sd.
- MCINTOSH, J.I., SLINGER, S.J., SIBBALD, S.J. y ASHTON, G.C. (1962) *Poult Sci.* 41:438-444.
- MCNAUGHTON, J.L. (1984) *Poult Digest* June:254-255.
- MAIORKA, A., PENZ, A.M.Jr. y KESSLER, A.M. (1998) *Poult Sci.* 77(supplement):47.
- MAIORKA, A., LECZNIESKI, J., BARTELS, H.A. y PENZ A.M.Jr. (1997) *Efeito do nível energético da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade*. Anais da Conferência Apinco 1997 de Ciência e Tecnologia Avícolas. p.18.
- MAIORKA, A., MAGRO, N., BARTELS, H.A. y PENZ, A.M.Jr. (1998) *Efeito do nível de sódio e diferentes relações entre sódio, potássio e cloro em dieta pré-inicial (1 a 7 dias) no desempenho de frangos de corte*. Submetido para publicação.
- MAURICE, D.V., JONES, J.E., HALE, K.K., REHRER, N.J. y WHISENHUNT, J.E. (1982) *Poult. Sci.* 61:1508. Sumário.
- MICHAEL, E. y HODGES, R.D. (1973) *Histochemie.* 36:39-49.
- MONGIN, P. (1981) *Recent Advances in Animal Nutrition*. p. 109-119.
- MORAN, E.T. (1985) *J.Nutr.* 115:665-674.
- MORAN, E.T. (1987) *Poultry*. April/May:30-31.
- MUNT, R.H.C., DINGLE, J.G. y SUMPA, M.G. (1995) *Br. Poult Sci.* 36:277-284.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE (1977) *Nutrient requirements of poult.* 7<sup>th</sup> edição. National Academy Press. Washington, EUA.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. (1984) *Nutrient requirements of poultry.* 8<sup>th</sup> edição.



- National Academy Press. Washington, EUA.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. (1994) *Nutrient requirements of poultry*. 9<sup>th</sup> edição. National Academy Press. Washington, EUA.
- NEWAY, H., SANFORD, P.A. y SMITH, D.H. (1970) *J. Physiol.* 208:705-724.
- NILIPOUR, A. (1994) *Indústria Avícola.* 41(2):28-35.
- NIR, I., NITSAN, Z. y BEN-AVRAHAM, G. (1988) *Development of the intestine, digestive enzymes and internal organs of the newly hatched chick*. Proc. 8<sup>th</sup> WPSA, Nagoya, Japão.
- NIR, I., NITSAN, Z. y MAHAGNA, M. (1993) *Brit. Poult. Sci.* 34:523-532.
- NIR, I., HILLEL, R., SHEFET, G. y NITSAN, Z. (1994) *Poult Sci.* 73:781-791.
- NIR, I., SHEFET, G. y AARONI, Y. (1994) *Poult Sci.* 73:45-49.
- NIR, I., HILLEL, R., PTICHI, I. y SHEFET, G. (1995) *Poult Sci.* 74:771-783.
- NITSAN, Z., DUNNINGTON, E.A. y SIEGEL, P.B. (1991) *Poult. Sci.* 70:2040-2048.
- NOY, Y. y PINCHASOV, Y. (1993) *Poult Sci.* 72:1861-1866.
- NOY, Y. y SKLAN, D. (1997) *J. Applied Poult. Research.* 6:344-354.
- O'NEIL, J.B. (1964) *World's Poult Sci.* 20:116-120.
- PARSONS, C.M y BAKER, D.H.. (1994) *Simpósio Internacional de Produção de Não Ruminantes*. Anais da XXXI Reunião Anual da SBZ. p119.
- PENZ, A.M.Jr. (1992) *Fundamentos para realizar el cambio de alimento a los 21 dias de edad en pollos de engorde*. Proc. XVII Convencion Nacional de ANECA. p 232-246. Puerto Vallarta, México.
- PINCHASOV, Y. (1991) *Br. Poult. Sci.* 32:109-115.
- PRATT, R.M.Jr. y TERNER, C. (1971) *Biochem Biophys. Acta.* 225:113-122.
- REECE, F.N., LOTT, B.D. y DEATON, J.W. (1986) *Poult Sci.* 65:1257-1261.
- ROSE, S.P., FIELDEN, M., FOOTE, W.R. y GARDIN, P. (1995) *Br. Poult Sci.* 36:97-111.
- SAVORY, C.J. (1979) En: *Food Intake Regulation in Poult.* Ed. K.N.Boorman y B.M. Freeman. Br. Poult Sci, pp. 277-323.Ltd, Edinburgh, Scotland.
- SERAFIN, J.A. y NESHEIM, M.C. (1970) *J. Nutr.* 100:786-796.
- TARVID, I. (1992) *Comp. Biochem. Physiol.* 101A:161-166.
- THOMAS, O.P., ZUCKERMAN, A.I., TAMPLIN, C.B. y FARRAN, M.T. (1992) *Amino acid requirements for rearing sexed broilers*. Proc. of Maryland Nutrition Conference p.45