La Soja Integral en la Alimentación Avícola

Juan Kalinowski Echegaray

Consultor ASA Lima-Perú

Introducción

La industria avícola representa la actividad de producción animal de mayor desarrollo relativo alrededor del mundo y constituye importante generadora de alimentos proteicos de alto valor para la población humana, en la forma de carne y huevos. La explotación intensiva de aves implica la transformación eficiente y costo efectiva de fuentes de proteína y energía en los productos característicos de estas especies. La búsqueda de alternativas efectivas para la alimentación ha "descubierto" el grano de soja no extraído, ingrediente en el que a la ya ampliamente reconocida concentración y calidad de su proteína se añade la concentración y calidad de su aceite, resultando en un atractivo insumo energético-proteico para la alimentación animal. La incorporación del grano de soja en la alimentación se revaloriza en vista del creciente cuestionamiento al uso de mezclas de grasas de calidad objetable, las cuales suelen contener producto dañado que puede tener efectos adversos no sólo en el desempeño animal, sino también posibles consecuencias en la salud humana.
.

Valor nutritivo del grano de soja tratado térmicamente

La torta de soja es sin duda el suplemento proteico más ampliamente utilizado en la alimentación animal. En años recientes a la torta se ha sumando el grano entero de soja, que con adecuado tratamiento térmico, es crecientemente utilizado en la alimentación, en especial de animales monogástricos y a la que se denomina comúnmente como soja integral (SI) Como pocos insumos, combina en un solo producto la deseada característica de tener elevadas concentraciones de energía y proteínas, estas últimas de alto valor biológico, que hacen de este grano una alternativa excepcional en prácticamente todas las fases de la alimentación de aves.

El Cuadro 1 presenta el contenido promedio de los principales nutrientes del grano de soja térmicamente tratado, en comparación con la torta (TS) En el Cuadro 2 se comparan los perfiles de aminoácidos (AA) de las "proteínas ideales" requeridas por broilers en inicio y acabado (NRC, 1994) con el perfil de AA de la SI.

Cuadro 1. Contenido de los principales nutrientes del grano entero y la torta de soya.

Nutrientes	Grano de Soya	Torta de Soya 48
Energía Metabolizable, Pollo, Kcal/kg	3300	2440
Aceite, %	18-20	0.5-1.5
Proteína Cruda, %	38.0	47.5
Lisina, %	2.40	3.02
Metionina + Cistina, %	1.08	1.41
Treonina, %	1.69	1.85
Triptófano, %	0.52	0.65
Calcio, %	0.25	0.34
Fósforo, %	0.59	0.69

NRC (1994), excepto información sobre contenido de aceite

Como se aprecia en el Cuadro 1, el grano de soja muestra un elevado contenido de energía metabolizable (EM); sin embargo, es preciso indicar que el valor consignado por el NRC (1994) estaría subestimando su valor real y correspondería a producto resultante de tratamiento por tostado,

que sería el material utilizado en la información técnica que sirvió de base al NRC. Como se discutirá más adelante, la EM que puede rendir la SI es variable y depende del tipo de tratamiento térmico a que haya sido sometido el grano.

Cuadro 2. Comparación del perfil de aminoácidos de la soya integral con los de la Proteína Ideal para pollos en inicio y acabado

Aminoácidos	Proteína Ideal		
	SI	Pollo 0-21	Pollo 21-42
Lisina	100	100	100
Metionina+Cistina	49	82	72
Treonina	61	73	74
Triptófano	20	18	18
Leucina	120	109	109
Isoleucina	75	73	73
Valina	75	82	82
Histidina	40	32	32
Fenilalanina+Tirosina	136	122	
Arginina	121	114	110

NRC (1994)

Por su menor contenido de proteína bruta, la SI presenta una ligera menor concentración de AA con relación a la torta. Excepto por la baja concentración de AA azufrados, la SI es un suplemento bastante bien balanceado con respecto a las proporciones de AA de la proteína ideal para el broiler (Cuadro 2) y se complementa bien con el perfil de aminoácidos de granos de cereales como el maíz. En lo que respecta a la digestibilidad de los AA en la SI (Cuadro3) ésta es bastante alta en el caso del grano extruido y no difiere mayormente de los valores observados en la torta; sin embargo, los valores serían más bien bajos en el caso del grano tostado (SIT) como lo reportan Café et al, 2000b.

Cuadro 3. Coeficientes de Digestibilidad Verdadera de algunos aminoácidos de la torta suplementada con aceite y el grano de soja tostado o extruido, medidos en pollos

	Lisina	Metionina	Cistina	Treonina	Valina
SIE	92	89	90	89	90
SIT	81	75	78	77	76
TS+Aceite	92	89	91	89	88

Café, et al. (2000b)

Ventajas no estrictamente nutricionales del uso de soja integral

La SI constituye un material granular impregnado naturalmente de grasa, de mucho más fácil manejo que la adición de grasas líquidas en muchas operaciones. Estando la grasa en la matriz del gránulo de alimento, en lugar de la superficie, como ocurre con la grasa añadida, permite el peletizado de alimentos con mayor concentración de grasa. Además, el aceite contenido en el grano de soya es de mucho mejor calidad que la grasa comúnmente comercializada para uso en alimentación animal.

La cantidad de grasa que podría incorporarse en los alimentos balanceados es limitada por problemas físicos de mezclado y manipuleo. El grano de soya en gran medida obvia los problemas físicos de mezclado y permite concentraciones de grasa en el alimento usualmente mayores que las que se podrían manejar con grasa añadida.

El uso de SI alivia la necesidad de facilidades especiales para el almacenamiento de grasas o de la necesidad de equipo para la aplicación de grasa líquida al alimento.

Necesidad de tratamiento térmico

La composición química de la SI es una buena guía de su valor nutritivo y para detectar diferencias entre lotes de grano; sin embargo, la disponibilidad de dichos nutrientes es la que cuenta, siendo bien conocido que el grano crudo contiene una serie de factores antinutricionales que afectan el aprovechamiento de sus componentes nutritivos, que hacen necesario el tratamiento térmico.

El tratamiento térmico puede seguir varios procedimientos: Extrusión húmeda y seca, hidrotérmico, micronizado, tostado, expandido, etc. Se acepta que la extrusión húmeda y seca son los mejores tratamientos, a condición de que las variables temperatura, humedad y tiempo sean adecuadamente aplicables, ya que tanto la insuficiencia como el exceso en el tratamiento tienen efectos negativos en la calidad nutritiva del grano. El elevado costo de los equipos de extrusión húmeda ha inducido a dirigir la atención a procedimientos alternativos como el tostado. Sin embargo, este procedimiento da lugar a producto con menor rendimiento de energía metabolizable e irregular desnaturalización de la proteína. Así, Café, et al. (2000a) encontraron valores de EM para el pollo de 3,732 kcal/kg para el grano extruido (SIE) y 3,244 kcal/kg para el grano tostado (SIT)

La investigación en el tema del tratamiento reporta diferencias considerables en el valor nutritivo de la SI, de acuerdo al método de tratamiento del grano que se emplee. Las dos formas más comunes de tratamiento del grano: extruido y tostado muestran pues diferencias en los productos resultantes, que son atribuibles al efecto físico del extruido, que causa una considerable ruptura en las células del grano, rindiendo más disponible el aceite contenido en ellas, lo mismo que facilitando el acceso enzimático a proteínas ya desnaturalizadas por el efecto térmico. Según Mateos y Salado (1999) las diferencias en la digestibilidad del aceite por tostado o extruido serían menores en el caso de ponedoras, respecto a broilers (Cuadro 4)

Cuadro 4. Variación en la digestibilidad del aceite de la SI, de acuerdo al tratamiento y la edad del ave (Mateos y Salado, 1999)

Tratamientos	Broiler, 21 d	Ponedora, 40 sem
TS + Aceite	90	
SI Tostada	87	91
SI Tostada + Peletizada	89	94
Extrusión Húmeda	89	97

P<0.01 para edad

Calidad de grasa y mantenimiento de la integridad gastrointestinal

Cuando se inició la inclusión de grasas en alimentación animal, el suministro de grasas y aceites de buena calidad excedían la demanda. Sin embargo, el crecimiento de la crianza de monogástricos y la mejora paulatina del potencial productivo de estas especies, ha incrementado la utilización de dietas de mayor densidad nutritiva y la exigencia de crecientes inclusiones de grasa para alcanzar más altos niveles de energía en las dietas aviares y porcinas, incrementado la demanda de grasas por la industria de alimentos. El significativo incremento de la demanda ha generado la incursión en el mercado de proveedores de grasas, aceites y mezclas variadas que complican la decisión de compra, la determinación de estándares de calidad, la determinación de su valor nutritivo e incrementan los riesgos asociados con su uso.

Si bien la grasa es un valioso recurso para incrementar la densidad calórica de la dieta, requiere de un manejo cuidadoso por la variabilidad de su calidad. Las aves son sensibles a grasa de calidad objetable, siendo el pollito tierno particularmente susceptible a problemas de salud asociados al

empleo de grasa de baja calidad, debido a que su sistema inmune y digestivo son inmaduros. La digestibilidad de la grasa es particularmente baja en el pollito recién nacido y esto sería más asociado con la maduración de la síntesis de sales biliares y el proceso de absorción que con una carencia de lipasas. Grasas saturadas y de cadena larga son las más difíciles de digerir, mientras que la digestión de grasas polinsaturadas como las del aceite de soya es mucho mayor y no cambia significativamente con la edad (Oyarzábal, 1999) El valor energético del aceite contenido en el grano sería de 9000 kcal para el ave adulta y de 8840 kcal para el ave joven (Wiseman, 1994)

Un factor a considerar en el proceso de alimentación animal es el de mantenimiento de la integridad del tracto gastrointestinal (TGI) Este, el TGI, es en todas las especies una vital estructura, por sus funciones de digestión, absorción y protección, siendo de la mayor importancia para el desempeño del animal el mantenimiento de su buena condición. En la edad temprana del ave, las funciones el TGI no están plenamente desarrolladas y la ingestión de alimento lo expone continuamente a la acción física y química del propio alimento y a toxinas y microrganismos que pueden dañar su estructura y tener efectos deletéreos en el desempeño animal.

Grasas oxidadas causan el deterioro de las vellosidades intestinales y reducción de la capacidad absortiva del TGI. Dibner et al. (1996) estudiaron el efecto de la inclusión de 3 % de grasa oxidada de pollo en la dieta de broilers. El TGI respondió al estrés oxidativo incrementando la proliferación celular, afectándose también el sistema inmune asociado al TGI. La grasa oxidada y los productos secundarios de oxidación ejercieron efectos deletéreos en las células del TGI, afectando la permeabilidad de la membrana, la viscosidad, actividad secretoria y la actividad de las enzimas digestivas de la membrana, además de las enzimas mitocondriales del ciclo del ácido cítrico. Estos efectos primarios afectaron la ganancia de peso, conversión, función inmune y desempeño general del ave y podría haber reducido la resistencia a patógenos oportunistas.

Fases de la alimentación de aves propicias para el uso de soja integral

Broilers

Como se ha mencionado, el pollo recién nacido no utiliza eficientemente la grasa, debido posiblemente a una deficiencia de sales biliares y además es más sensible a los efectos tóxicos de grasas deterioradas. Este hecho podría aconsejar retrasar la inclusión de grasas en el programa de alimentación del pollo; sin embargo la utilización de la grasa mejora rápidamente con la edad, siendo las grasas insaturadas mejor aprovechadas y más temprano que las saturadas.

En la evaluación de los ensayos realizados para medir el efecto de la inclusión de SI, es necesario tomar en cuenta, a qué tipo de fuente proteica y de grasa reemplaza la SI. Cuando la comparación se realiza contra la combinación TS+Aceite de soja y si la SI ha recibido adecuado tratamiento térmico, suelen no haber diferencias, como se muestra en el Cuadro 5 (Mateos y Salado, 1999)

Cuadro 5. Respuesta a la inclusión de 20 % de SI en dietas de broilers de 0 a 21 días.

	TS + Aceite de Soja		SI	
	0-7 d	0-21 d	0-7 d	0-21 d
Ganancia, g/d	12.4	32.2	12.5	32.2
Consumo, g/d	15.6	45.9	16.0	46.3
Conversión	1.26	1.43	1.29	1.45

Mateos y Salado (1999)

Sin embargo, en el estudio (Neoh y Raghavan, 2004) la inclusión de 10 % de soya integral, en reemplazo isocalórico e iso proteico de torta de soya y aceite vegetal, determinó mejora en la ganancia de peso y la conversión alimenticia de broilers criados hasta los 40 días (Cuadro 6)

Cuadro 6. Efecto en la ganancia de peso y la conversión alimenticia de la inclusión de 10 % de SI, en reemplazo de TS y aceite vegetal (Neoh y Raghavan, 2004)

	Control	10 % de SI
Peso vivo, g	2028[a]	2189[b]
Conversión	1.88[a]	1.66[b]
Mortalidad, %	3.84	3.02

Cifras con diferente letra difieren significativamente P< 0.01

Un estudio de la Universidad de Arkansas (Subuh, et al., 2002) en el que SI reemplazó crecientemente (0, 25, 50, 75 y 100 %) a torta de soya y grasa de pollo, tanto en la dieta de iniciación, como de crecimiento de broilers, no mostró diferencias en ganancia de peso en la fase de iniciación, pero sí en la fase de acabado, en que se observó una respuesta lineal en la ganancia de peso de las aves con el incremento de la SI en las dietas. La relación Alimento/peso vivo estuvo inversamente correlacionada con el nivel de inclusión en ambas fases (Cuadro 7) Los autores explicaron que la razón de la respuesta pudo ser un valor energético de la SI mayor que el normalmente asignado, lo cual también aplicaría al caso del estudio de Neoh y Raghavan (2004)

Cuadro 7. Efecto del nivel de inclusión de SI en reemplazo de TS y aceite de pollo sobre la respuesta de broilers

Relación	Peso Vivo (kg)		Conversión	
SI:TS	21 días	42 días	21 días	42 días
0/100	0.762	2.534[c]	1.290[a]	1.670[a]
25/75	0.772	2.520[c]	1.283[a]	1.660[ab]
50/50	0.784	2.539[c]	1.239b	1.631[bc]
75/25	0.788	2.583[b]	1.243b	1.610[cd]
100/0	0.774	2.594[a]	1.229b	1.582[d]

Subuh et al., (2002)

Se ha mencionado la diferencia en el valor de la SI de acuerdo al tratamiento térmico. Las ventajas de la extrusión son atribuibles al efecto físico de este proceso. Como consecuencia, las diferencias en la respuesta animal se ponen de manifiesto principalmente cuando el alimento se suministra en forma de polvo. El peletizado del alimento disminuiría las diferencias entre tratamientos, una buena muestra de ello lo da los resultados del trabajo de Hull et al. (1968) quienes alimentaron dietas isocalóricas e isonitrogenadas a pollos de 0 a 35 días, comparando TS reconstituida con aceite de soya (AS), soya tostada y soya extruida. Cuando la dieta fue dada en forma de harina, se observó diferencias significativas en peso, conversión y digestibilidad de grasa entre la soya extruida y la tostada; sin embargo, cuando la dieta fue peletizada las diferencias no fueron significativas, que se explica por el efecto físico del proceso de peletizado sobre la soya tostada (Cuadro 8)

Mateos y Salado (1999) han recopilado ecuaciones de regresión que estiman la energía metabolizable de la SI para aves, según sea ésta usada en dietas en polvo o peletizadas (Cuadro 9) Las diferencias debido al paletizado eran del orden de 230 kcal.

Cuadro 8. Efecto de la forma de proteína de soya y la forma de la dieta sobre el desempeño de broilers entre 0 y 35 días de edad.

Variables	T. Soya + Aceite		Soya Integral Tostada		Soya Integral Extruida	
	Harina	Pellet	Harina	Pellet	Harina	Pellet
Gan. Peso, g	660^{cd}	677^{cd}	560^{a}	671^{cd}	632^{bc}	713^{d}
Conversión	1.56^{b}	1.48^{ab}	1.81^{c}	1.51^{ab}	1.55^{b}	1.44^{a}
Dig. Grasa, %	83.9^{b}	92.6^{d}	75.7^{a}	90.0^{c}	83.3^{b}	91.8^{d}

Hull, et al. (1968)

Cuadro 9. Ecuaciones de regresión para calcular la energía metabolizable de la SI para aves

EMA_n (kcal/kg de MS)
• Harina: 2769 – 5.91 FC + 6.21 EE • Pellet: 2636 – 5.57 FC + 8.25 EE
EMA_n (MJ/kg)
• Harina: 15.33 PC + 32.62 EE + 8.31 ELN • Pellet: 16.23 PC + 36.50 EE + 7.62 ELN
FC, EE, PC y ELN en g/kg

Mateos y Salado (1999)

Una recopilación de varios trabajos de investigación citados por Lázaro et al. (2002) en los que se describe la respuesta a la alimentación de broilers con soja integral sometida a distintos tratamientos térmicos, en comparación a la mezcla de torta de soja y aceite de soja, muestra una ligera tendencia hacia mejores resultados con la extrusión, particularmente la húmeda y principalmente en el parámetro conversión, lo que sugeriría subestimación de su aporte de EM al planear los ensayos (Cuadro 10)

Cuadro 10. Comparación (%) de respuesta de broilers alimentados con torta de soja o grano de soja sometido a diferente tratamiento térmico

	TS + Aceite Soja	SI Tostada	SI Extrusión Seca	SI Extrusión Húm.
N° de estudios con:	13	8	3	11
Ganancia de Peso	100	99	101	101
Rango		92-101	98-103	97-107
Conversión	100	100	98	96
Rango		93-106	97-100	90-101

Elaboración propia, en base a información de Lázaro, et al. (2002)

La inclusión temprana de SI en la alimentación del pollo en crecimiento se viene practicando exitosamente por la industria avícola de distintas regiones, por la excelente calidad y alto valor calórico del aceite contenido en ella, justamente en una fase de crecimiento en que el aporte de energía fácilmente aprovechable por el pollo es importante.

Dado que los aspectos de calidad de la canal del pollo adquieren una creciente importancia en los sistemas actuales de mercadeo del pollo, el uso excesivo de grasas insaturadas en la dieta puede condicionar un contenido alto de grasa insaturada en la canal, con los consiguientes inconvenientes que ello pueda implicar desde el punto de vista de la conservación del producto. Un estudio reciente (Cortinas et al., 2004) muestra una relación exponencial entre el contenido de ácidos grasos polinsaturados en la dieta y el de los tejidos de la pechuga y pierna de pollo, respectivamente. Niveles altos de vitamina E pueden contrarrestar los efectos indeseables de la insaturación de la grasa por su efecto antioxidante. Al respecto, la SI es rica en tocoferoles, compuestos con actividad

de vitamina E. El efecto de la inclusión de SI, particularmente en niveles elevados, sobre la calidad de la canal requiere de más investigación.

Ponedoras

La inclusión de grasa en raciones de ponedoras resulta frecuentemente en aumento del tamaño del huevo. La mejora se atribuía exclusivamente al aporte de ácido Linoleico (AL) Ha habido muchos estudios diseñados para investigar la respuesta de ponedoras a diferente ingesta de AL, pero en algunos ha sido difícil separar los efectos de la energía, de la grasa y del AL. Muchos consideran poco probables los beneficios en producción de huevos resultantes de la suplementación de la dieta con AL. Sin embargo, es de esperar beneficio en el tamaño del huevo resultante del uso de grasas que son fácilmente disponibles y en este sentido el AL por si mismo puede ser una muy útil fuente de energía para la ponedora (Wiseman, 1994) De acuerdo con Mateos et. al. (1995) hoy día se especula con otros mecanismos complementarios que podrían ayudar a entender mejor estos efectos. Por ej. las grasas podrían modular de forma específica la síntesis de lipoproteínas y albúminas del huevo. Raciones ricas en grasa facilitarían la síntesis de lipoproteínas en hígado y su transporte para su deposición en la yema del huevo. Los AG dietéticos podrían pues estimular la síntesis proteica en el oviducto y explicar así ciertos resultados que observan que la mejora del tamaño del huevo a consecuencia de la adición de grasa se debía al incremento de la fracción albumen sin que el contenido de la yema se viera alterado.

Este tema fue investigado por Whitehead (1984) evaluando 4 dietas isocalóricas para ponedoras, conteniendo 0, 0.4, 3.0 y 3.0 % de aceite añadido, con 0.61, 0.88, 0.87 y 2.28 % de AL, respectivamente. Las 2 dietas con mayor adición de aceite produjeron huevos más grandes y entre las 2 dietas de 3 % de aceite no se observó diferencia entre aquella que aportaba 0.87 % de AL (aceite de oliva) con respecto a la que aportaba 2.28 % (aceite de maíz) Se concluyó que debido a que la yema es alta en lípidos, la directa incorporación de grasa altamente absorbible en la yema sería lo que incrementaría el tamaño del huevo (Cuadro 11)

Cuadro 11. Influencia de la adición de grasa y los niveles de ácido linoleico dietarios sobre la respuesta de gallinas ponedoras

	Dietas de Postura			
	1	2	3	4
Adición de grasa, %	0	0.4	3.0	3.0
Nivel de AL, %	0.65	0.88	0.87	2.28
Producción, %	77.9	78.5	78.1	77.3 NS
Peso de huevo, g	56.7	57.3	58.8	59.2 *
Peso huevo/ave/día, g	44.2	44.9	45.9	45.8 **

Whitehead (1984)

La elevada concentración de aceite de alta calidad en la SI, particularmente el elevado contenido de AL, contribuyó al interés por la SI en la alimentación de ponedoras. Como se mencionó para el caso de las evaluaciones de la inclusión de SI en las dietas para broilers, cuando la SI reemplaza a la combinación de TS+Aceite de soja, no se observan diferencias debidas a dicha inclusión, como lo mostró el ensayo de Mateos y Salado (1999), en el que el nivel de metionina influenció más el peso y la masa de huevo que la inclusión de 15 % de SI en la dieta, en gallinas entre las 28 y 36 semanas de postura (Cuadro 12)

Cuadro 12. Efecto de la inclusión de SI y el nivel de metionina sobre la respuesta de gallinas ponedoras entre 28 y 36 semanas de postura (Mateos y Salado, 1999)

	TS + Aceite de Soja		SI Extruida	
	0.32 Met	0.42 Met	0.32 Met	0.42 Met
Consumo alimento, g/d [1]	108	110	107	111
Postura, %	88.6	89.7	89.1	90.1
Peso huevo, g [2]	56.9	57.8	56.8	57.7
Masa huevo, g	50.4	51.8	50.6	52.0
Conversión	2.14	2.12	2.11	2.14
Peso ganado, g	10	18	18	18

[1] P=0.08; [2] P<0.05 para nivel de metionina

Una evaluación del reemplazo de torta de soja por soja cocida a vapor y secada por tostado o soja extrusada en dietas para ponedoras (Sakomura et al., 1998) mostró reducción del consumo de las dietas con SI, siendo la respuesta en postura similar entre tratamientos. El incremento de la inclusión de SI tratada por vapor y tostada produjo reducción lineal de la producción de huevo, no así la inclusión similar de SI extruida. El comportamiento de las aves que consumieron SI tostada fue atribuido a tratamiento insuficiente, expresado por el peso del páncreas de las aves.

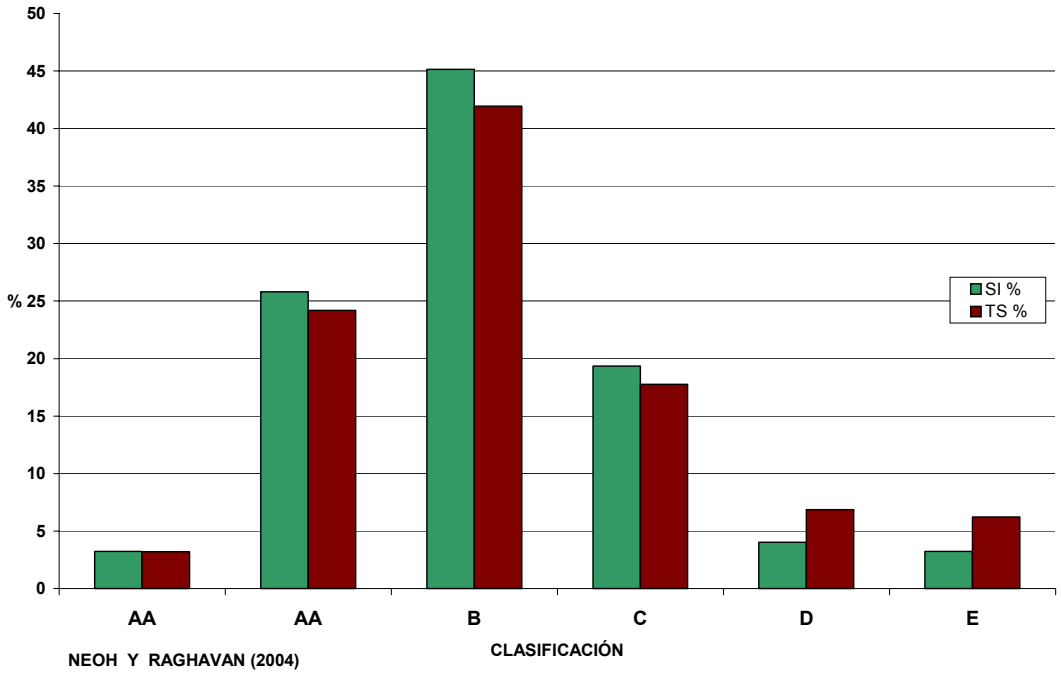
Sin embargo, la inclusión de sólo 6 % de SI en reemplazo de TS, en dietas de tres distintas estirpes de ponedoras (Neoh y Raghavan, 2004) determinó el incremento del peso del huevo en las tres estirpes utilizadas, así como mayor distribución de tamaños grandes de huevo dentro de la clasificación comercial (Cuadro 13 y Figura 1) El tipo de SI (descascarada) explicaría los resultados obtenidos.

Cuadro 13. Efecto de la inclusión de SI sobre el peso del huevo en tres estirpes de gallinas ponedoras.

	Peso de Huevo (g)		
Tratamientos	Lohman	Hisex	Golden Comet
Control	64.10	64.00	63.99
Soya integral	65.15	65.06	65.14

Neoh y Raghavan (2004)

FIG. 1 EFECTO DE LA SI SOBRE TAMAÑO DE HUEVO



Pavos

El pavo es la especie en la que, en términos prácticos, mejor se presta el uso de SI. Esto se debe al particularmente elevado requerimiento de proteína en las etapas iniciales de crecimiento de esta especie. Además, se ha reportado (Mossab et al., 2000) una mejor digestibilidad del aceite de soya en pavitos de una semana de edad (96.5 %) en comparación con broilers de la misma edad (86.4 %) Sin embargo, la SI también ofrece ventajas en la fase de acabado, debido a la alta concentración de energía requerida en las dietas utilizadas en esta fase.

Decisión de uso de soya integral

La decisión de uso de la SI en la formulación de dietas para animales es mayormente una decisión de carácter económico. Los paquetes informáticos de formulación proveen herramientas sencillas para determinar si el grano entero de soja tratado es una alternativa económica en los alimentos. Cuando estas herramientas no se disponían tan fácilmente Waldroup(1987) desarrolló la siguiente ecuación para la evaluación de conveniencia de uso:

$$A = (0.8636 \times Y) + (W \times 1.292 \times Z) - (S + CP)$$

A es la ventaja o desventaja en costo de utilizar SI
Y es el costo local de la TS 44
0.8636 es la relación entre el contenido de proteína del grano entero (38%) y de la TS (44%) Si el ejercicio se efectúa con grano y TS de diferentes contenidos proteicos, el correspondiente ajuste debe ser efectuado.
W es el contenido de aceite en el grano, normalmente entre 18 y 20 %
1.292 es la relación entre la energía de aceite de soya y de la grasa animal. Este factor también debe ser ajustado cuando varían las fuentes de grasa.
Z es el costo local de la fuente de grasa utilizada.

Los dos primeros componentes de la ecuación calculan el valor relativo de la proteína y energía suministradas por el grano de soya. De éstos se resta S, el precio por TM del grano de soya, al que se suma CP que es el costo de procesamiento por TM.

Un enfoque algo diferente puede ser comparar el costo de 1TM de SI con el costo de una mezcla de TS, maíz y grasa suplementaria que rindiera la misma cantidad de energía y proteínas que la SI La ecuación resultante sería:

$$A = 0.83B + 0.17\,C + 0.112D - E$$

Donde:

A es la ventaja o desventaja en costo de utilizar SI
B es el costo de 1 TM de TS
C es el costo de 1TM de maíz
D es el costo de 1 TM de grasa
E es el costo de procesamiento de 1 TM de grano de soya
0.83 es la proporción de soya
0.17 es la proporción de maíz
0.112 Proporción de aceite

Conclusiones

1. El uso de grano de soya en la alimentación de aves requiere de tratamiento térmico previo.
2. La soya integral es un ingrediente adecuado para la formulación de dietas de alta densidad nutritiva, para las distintas fases de la crianza de aves.
3. La utilización de la SI no sólo ofrece ventajas nutricionales en la dieta, sino también ventajas desde el punto de vista del manejo de insumos en planta.
4. La SI puede utilizarse prácticamente en cualquier fase de la crianza de aves, pero ofrece especiales ventajas en las dietas de inicio de pollos, de postura en gallinas ponedoras y de inicio y acabado en pavos.
5. En la fase de terminado, el uso de elevados niveles de soya integral debe considerar la correcta relación energía:aminoácidos, así como su posible efecto en la composición de la grasa de la canal, lo que amerita mayores estudios.
6. El uso de la soya integral en las dietas permite la incorporación de elevados niveles de grasa, sin los problemas físicos observados cuando grasa suplementaria es agregada.

BIBLIOGRAFÍA

Café, M.B., N.K. Sakomura, O.M. Junqueira, M.R. Carvalho y M. Del Bianchi (2000a) Determinacao do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. Rev. Bras. Cienc. Avic. 2 (1):59-66

Café, M.B., N.K. Sakomura, O.M. Junqueira, E.B. Malheiros y M. Del Bianchi (2000b) Determinacao do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. Rev. Bras. Cienc. Avic. 2 (1):67-74

Cortinas, L., C. Villaverd, J. Galobart, M.D. Baucells y A.C. Barroeta (2004) Fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. Poultry Sci. 3:1155-1164

Dibner, J.J. C.A. Atwell, M.L. Kitchell, W.D. Shermer y F.J. Ivey (1996) Feeding of oxidized

fats to broilers and swine: effects on enterocite turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. Anim. Feed Sci. Technology 62:1-13

Hull, S.J., P.W. Waldroup y E.L. Stephenson (1968) Utilization of unextracted soybeans by broiler chicks. 2. Influence of pelleting and regrinding on diets with infrared cooked and extruded soybeans. Poult. Sci. 47:1115.

Keshavarz, K y S. Nakasima (1995) The effect of dietary manipulation of energy, protein and fat during the growing and laying periods on early egg weigt and egg componets. Poultry Sci. 74: 50-61.

Mateos, G.G., J. Piquer y M. García (1995) Utilización de grasas y subproductos lipídicos en dietas para avicultura. Memorias XIV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Santiago, Chile.

Mateos, G.G. y S. Salado (1999) Recent developments in the use of fullfat soybeans in diets for poultry. American Soybean Association-Europe. Bruselas. Bélgica.

Mossab, A., J.M. Hallouis y M. Lessire (2000) Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. Poultry Sci. 79:1326-1331.

Neoh, S.B. y V. Raghavan (2004) Dehulled "fullfat" soybean meal improves broiler and layer performance. En: Australian Poultry Science Symposium. Sydney, 9-4 February

NRC (1994) Nutrient requirements of poultry. 9th Revised edition. National Academy Press, Washington, D.C. USA

Oyarzábal, Omar (1999) Intestinal physiology and impact of disease on neonatal poultry. En: Workshop on Poultry Neonatal Health and Disease. pp 6-9, ed. University of Guelph, Ontario, Canada, June 4-6.

Sakomura, N.K., R. Da Silva, R. Basaglia, E. B. Malheiros y O. M. Junqueira (1998) Sojas integrais tostada pelo vapor e extrusada em racoes de podeiras. R. Bras. Zootec. 27(4):754-765.

Scragg, R. N., Logan y N. Geddes (1987) Response of egg weigth to the inclusion of various fats in layer diets. Brit. Poultry Sci. 28: 15-21)

Sell, J., C. Angel y F. Escribano (1987) Influence of suplemental fat on weights of eggs and yolks during early egg production. Poultry Sci. 66:1807-1812.

Subuh, A.M.H, M.A. Motl, C.A. Fritts and P.W. Waldroup (2002) Use of various ratios of extruded fullfat soybean meal and dehulled solvent extracted soybean meal in broiler diets. International J. of Poult. Sci. 1(1):09-12

Whitehead, C.C.(1984) Fats in Animal Nutrition. Edited by J. Wiseman, Butterworths. London.

Whitehead, C. A. Bowman y H. Griffin (1991) The effects of dietary fat and bird age on the weights of eggs and egg components in the laying hen. Brit, Poultry Sci. 32:565-574)

Witehead, C. , A. Bowman y H. Griffin (1993) Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen:Relationship with egg weight. Brit, Poultry Sci. 34:999-1010

Whitehead, C. (1995) Plasma oestrogen and the regulation of egg weight in laying hens by dietary fats. Anim. Feed Sci. and Technology 53:91-98

Wiseman, Julian (1994) Full fat soya, oils and fats in poultry nutrition. American Soybean Association. Bruselas, Bélgica. 16 pp.