

## AVANCES EN LA VALORIZACIÓN NUTRICIONAL DEL MAÍZ Y LA SOJA

Iglesias BF, Schang MJ, Azcona JO, y Charriere MV

INTA – EEA Pergamino, Buenos Aires, Argentina

### RESUMEN

*La alimentación de las aves es uno de los insumos de mayor impacto en los costos de producción. El incremento en la eficiencia de conversión, por su parte, indica que las aves producen cada vez más con menos cantidad de alimento. Ambos factores, unidos a las limitantes naturales de la especie y de los ingredientes que componen las dietas, determinan la necesidad de extremar las medidas tendientes a mejorar los niveles de utilización de los nutrientes en ellos presentes. Bajo esta premisa, un conocimiento cada vez más preciso de las características nutricionales del maíz y de la soja (componentes principales de las raciones avícolas actuales) contribuirá a la reducción de costos productivos y a mitigar el impacto ambiental. La tarea descrita en este trabajo resume información sobre los efectos de aspectos genéticos, ambientales y de procesos sobre las variaciones nutricionales de estos dos ingredientes. La posibilidad de mejorar los niveles de utilización del maíz y la soja, redundará en beneficios para su utilización a nivel interno y para el mercado externo.*

### INTRODUCCIÓN

Tanto el maíz como la soja y sus subproductos tienen por principal destino la elaboración de alimentos de uso animal. A pesar de la masiva utilización de estos productos, y en el caso particular de la alimentación de las aves, la maximización de los índices de eficiencia productiva demanda de información precisa respecto a las características nutricionales de estos ingredientes. En el caso del maíz, diversos factores (genética, ambiente, fertilización, etc.) pueden modificar los contenidos y disponibilidades de sus nutrientes. La soja, por su parte, suma a esos factores aspectos relacionados con la presencia de factores antinutricionales y los efectos de variaciones en las condiciones de procesamiento.

La Argentina es uno de los principales productores y proveedores mundiales de ambos ingredientes. La posibilidad de generar información que permita mejorar los niveles de utilización del maíz y la soja, redundará en beneficios para su utilización a nivel interno y para el mercado externo.

El objetivo de este trabajo es presentar información actualizada sobre las variaciones y las posibilidades de mejora nutricional del maíz y la soja.

### METODOLOGÍA

Los resultados aquí descriptos han sido originados en diversas evaluaciones conducidas en la Sección Avicultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Pergamino, Buenos Aires, Argentina, en combinación con otras Instituciones públicas y empresas privadas del sector. A lo largo de la presentación de los resultados se hará mención explícita a cada una de estas participaciones.

## RESULTADOS

### 1 - MAIZ

#### - Evolución en el tiempo según germoplasma

Los resultados presentados en el Cuadro 1 muestran que las diferencias en el contenido de Energía Bruta (EB) y de Energía Metabolizable Verdadera (EMV) (Sibbald, 1976) de maíces de germoplasma "Duro" o "Flint" (n: 15) y el de aquellos de tipo "Dentado" o "Amarillo" (n: 10) tienden a disminuir a lo largo del tiempo.

**Cuadro 1.** Evolución del contenido de energía del maíz en el tiempo

Tipo de Maíz	EB			EMV			Coef. Utilización		
	Kcal/kg						%		
	1991	1998	2007	1991	1998	2007	1991	1998	2007
Dentado	3949	3963	3940	3516	3600	3545	89.0	90.9	90.0
Duro	4080	4016	3954	3723	3664	3600	91.3	91.2	91.0
<b>Diferencia</b>	<b>131</b>	<b>53</b>	<b>14</b>	<b>207</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>2.3</b>	<b>0.3</b>	<b>1.0</b>

1991: Bonino *et al.* (1991); 1998: Schang *et al.* (1999).

Datos referidos a 88% de materia seca.

Los valores de EB y EMV del maíz "Dentado" se han mantenido más estables a lo largo del tiempo, mientras que el maíz "Duro" muestra una declinación en estos parámetros. Este resultado sería consecuencia de la incorporación de "sangre tipo Dentado" a los maíces "Duros" como alternativa para incrementar los rendimientos agronómicos (kilogramos por hectárea).

Por su parte, el contenido de aminoácidos de estos maíces (Cuadro 2) es coincidente con estudios anteriores (Azcona & Schang, 1995), siendo más alto en los materiales de tipo "Duro". No se observaron diferencias entre materiales a lo largo del tiempo respecto a la digestibilidad de dichos aminoácidos con un promedio de utilización del orden de 90 a 91%.

**Cuadro 2.** Contenido de aminoácidos totales en maíces\*

Tipo de Maíz	Met + Cis	Lis	Tre	Arg	Val	Iso	Leu	His
	%							
Dentado	0.23	0.23	0.26	0.36	0.34	0.23	0.82	0.21
Duro	0.25	0.24	0.28	0.38	0.36	0.25	0.89	0.23

\* Metodología de análisis NIRS, ecuación de calibración *Degussa corn6.eqa*.

Datos referidos a 88% de materia seca.

#### - Germoplasma y zonas productivas

Cinco híbridos comerciales de maíz (A, B, C, D y E) fueron evaluados en sus contenidos energéticos, proteicos y de aminoácidos en tres zonas productivas (Centro, Litoral 1, Litoral 2) de la Argentina.

Los resultados referidos a la zona de producción (Cuadro 3) no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el contenido de EB de los maíces.

**Cuadro 3.** EB, EMV, proteína y aminoácidos en maíces producidos en diversas zonas

Parámetro	Zonas		
	Centro	Litoral 1	Litoral 2
EB (kcal/kg)	3948 <sup>a</sup>	3948 <sup>a</sup>	3953 <sup>a</sup>
EMV (kcal/kg)	3526 <sup>b</sup>	3598 <sup>a</sup>	3518 <sup>b</sup>
EMV/EB (%)	89.3 <sup>b</sup>	91.1 <sup>a</sup>	89.0 <sup>b</sup>
Proteína (%)	7.81 <sup>a</sup>	6.50 <sup>c</sup>	7.19 <sup>b</sup>
Met+Cis (%)	0.33 <sup>a</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.32 <sup>a</sup>
Lis (%)	0.24 <sup>a</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.24 <sup>a</sup>

Dentro de cada fila, medias con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0.05$ ).

Datos referidos a 88% de materia seca.

La EMV promedio en la zona Litoral 1 fue mayor que en las otras zonas debido a un mejor nivel de utilización de la EB (relación EMV/EB). Como contraparte, el contenido de proteína y aminoácidos en esta zona fue menor al observado en las otras dos. Estas diferencias podrían estar asociadas a variaciones en el rendimiento por unidad de superficie (con mayor rendimiento disminuyen los contenidos proteicos).

Si bien se observaron diferencias en el contenido de proteínas entre las zonas Centro y Litoral 2, los aminoácidos de mayor interés (Met+Cis, Lis) no resultaron diferentes.

Al analizar los resultados provenientes de los 5 híbridos de maíz evaluados (Cuadro 4) se puede observar que existieron diferencias significativas en sus contenidos de EB, EMV, proteína y aminoácidos. Estas diferencias estarían asociadas a variaciones genéticas.

**Cuadro 4.** EB, EMV, proteína y aminoácidos en diversos híbridos de maíz

Parámetro	Híbridos Comerciales de Maíz					CV %
	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"	
EB (kcal/kg)	3973 <sup>a</sup>	3927 <sup>b</sup>	3965 <sup>a</sup>	3927 <sup>b</sup>	3956 <sup>ab</sup>	0.5
EMV (kcal/kg)	3596 <sup>a</sup>	3571 <sup>a</sup>	3470 <sup>c</sup>	3516 <sup>b</sup>	3583 <sup>a</sup>	1.2
EMV/EB (%)	90.5 <sup>a</sup>	91.0 <sup>a</sup>	87.5 <sup>c</sup>	89.5 <sup>b</sup>	90.6 <sup>a</sup>	1.2
Proteína (%)	7.54 <sup>a</sup>	7.05 <sup>ab</sup>	7.62 <sup>a</sup>	6.69 <sup>b</sup>	6.94 <sup>ab</sup>	5.8
Met+Cis (%)	0.32 <sup>a</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.32 <sup>ab</sup>	3.5
Lis (%)	0.23 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	3.8

Dentro de cada fila, medias con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0.05$ ).

Datos referidos a 88% de materia seca; CV: Coeficiente de variación.

#### - Fertilización nitrogenada del cultivo

Dos cultivos de maíz, uno de tipo "Duro" y el otro de tipo "Dentado" recibieron una fertilización inicial de 100 kg de urea/hectárea. Luego, cada uno de los genotipos recibió "0" o "50" kg/hectárea adicionales de urea. Se evaluaron los efectos de esta fertilización nitrogenada sobre las variaciones en contenidos de proteína y aminoácidos. Cada tratamiento contó con 3 repeticiones y la prueba se replicó durante 3 años.

Los resultados mostraron que: a– hubo un efecto significativo de la fertilización (a más fertilización más proteína y aminoácidos), b– existieron diferencias entre tipo de maíces (El tipo "Duro" mostró más proteína y aminoácidos que el de tipo "Dentado") y d– existieron diferencias entre años de producción (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Fertilización nitrogenada y contenidos proteicos y de aminoácidos en maíces tipo “Duro” y “Dentado”

Efecto Mayor	Proteína %	Aminoácidos			
		Met+Cis	Lisina	Treonina	Arginina
<b>Urea</b>					
0 kg/ha	7.74 <sup>b</sup>	0.331 <sup>b</sup>	0.244 <sup>b</sup>	0.278 <sup>b</sup>	0.376 <sup>b</sup>
50 kg/ha	8.52 <sup>a</sup>	0.360 <sup>a</sup>	0.256 <sup>a</sup>	0.303 <sup>a</sup>	0.400 <sup>a</sup>
<b>Maíz</b>					
Duro	8.57 <sup>a</sup>	0.362 <sup>a</sup>	0.253 <sup>a</sup>	0.304 <sup>a</sup>	0.399 <sup>a</sup>
Dentado	7.80 <sup>b</sup>	0.332 <sup>b</sup>	0.249 <sup>b</sup>	0.281 <sup>b</sup>	0.380 <sup>b</sup>
<b>Año</b>					
Año 1	7.06 <sup>c</sup>	0.308 <sup>c</sup>	0.233 <sup>c</sup>	0.255 <sup>c</sup>	0.352 <sup>c</sup>
Año 2	8.55 <sup>b</sup>	0.359 <sup>b</sup>	0.257 <sup>b</sup>	0.304 <sup>b</sup>	0.402 <sup>b</sup>
Año 3	8.95 <sup>a</sup>	0.374 <sup>a</sup>	0.263 <sup>a</sup>	0.318 <sup>a</sup>	0.416 <sup>a</sup>
<b>CV</b>	<b>4.9</b>	<b>3.9</b>	<b>3.6</b>	<b>4.5</b>	<b>3.7</b>

Dentro de cada fila, medias con distinta letra difieren significativamente ( $P \leq 0.05$ ).

Datos referidos a 88% de materia seca.

## 2 - COMPLEJO SOJA

Se presentan valores sobre la composición nutricional del complejo soja (harina, poroto desactivado y expeller), representativos de los procesos empleados en Argentina. Además del análisis proximal clásico se determinó EMV (Sibbald, 1976) y aminoácidos digestibles (Sibbald, 1979). Estos estudios se llevaron a cabo en colaboración con Evonik y Labonet de Alimental y han sido parcialmente presentados en el Congreso de ALA (Azcona *et al.*, 2011).

### - Harinas de Soja

En el Cuadro 6 se muestra como una reducción en contenido de fibra cruda de casi dos puntos porcentuales determina cambios en la utilización de la EB (65.7 % vs 67.6 %) y un aumento de la proteína cruda (43,4 a 46,0%). Los resultados de los indicadores indirectos de calidad (la Solubilidad de Proteína en KOH, SP y la Actividad Ureásica, AU) y el contenido de Inhibidores de Tripsina (IT) remanentes muestran que estos materiales han sido bien procesados.

**Cuadro 6.** Análisis proximal, energía y calidad de desactivado en harina de soja

Parámetro	Tipo de harina		Diferencia (46-44)
	44	46	
Extracto Etéreo (%)	2.23	2.51	0.28
Fibra Cruda (%)	5.97	4.06	-1.91
Proteína (%)	43.40	46.00	2.60
EB (kcal/kg)	4127	4172	45
EMV (kcal/kg)	2712	2819	107
EMV/EB (%)	65.70	67.60	1.90
Met + Cis (%)	1.19	1.32	0.13
Lisina (%)	2.63	2.80	0.17
CDAA (%)	90.6	91.0	0.40
Solubilidad de Proteínas (%)	80.40	74.80	
Actividad Ureásica ( $\Delta$ pH)	0.10	0.01	
Inhibidores de Tripsina (TIU/mg)	4.00	2.80	

Datos referidos a 88% de materia seca. EMV: EB: Energía Bruta; Energía Metabolizable Verdadera;

CDAA: Coeficiente de Digestibilidad promedio de todos los Aminoácidos.

TIU/mg: Unidades de Inhibidor de Tripsina por mg de muestra.

### - Soja Integral

Los resultados correspondientes a tres procesos de desactivado (Aire caliente, Vapor y Extrusión) se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Efecto de proceso de desactivado sobre soja integral

Parámetro	Proceso		
	Aire Caliente	Vapor	Extrusado
MS determinada (%)	91.40	88.80	92.30
Extracto Etéreo (%)	19.81	19.66	19.55
Proteína (%)	34.20	35.20	33.80
EB (kcal/kg)	5033	5087	4967
EMV (kcal/kg)	3366	3442	3721
EMV/EB (%)	66.90	67.70	74.80
Solubilidad de Proteínas (%)	70.00	76.80	85.10
Actividad Ureásica ( $\Delta$ pH)	0.20	0.14	0.19
Inhibidores de Tripsina (TIU/mg)	19.40	5.40	17.20

Datos referidos a 88% de materia seca. MS: Materia Seca; EB: Energía Bruta EMV: Energía Metabolizable Verdadera; TIU/mg: Unidades de Inhibidor de Tripsina por mg de muestra.

A un mismo nivel de materia seca (estandarizado al 88%), no se observaron diferencias en el contenido de proteína y extracto etéreo de la soja integral en función del método de desactivado.

El proceso por Aire Caliente resultó en una menor utilización de la EB debido a sobrecalentamiento de parte del material y a su vez material que no alcanzó a ser desactivado. La baja SP y en el alto contenido de AU e IT de este material confirmaría lo expuesto.

El proceso de desactivado por Extrusión mostró una mejora en la utilización de la EB, efecto que se debería al amasado y corte de la pasta y consecuente liberación de nutrientes, lo que facilitaría su digestión.

No obstante esta ventaja, cabe remarcar el alto contenido de IT remanentes en sojas provenientes de este proceso, aspecto que es necesario controlar y que permitiría incrementar aún más el valor nutricional de la soja extrusada. (Azcona *et al.*, 2011)

El proceso de desactivado por Vapor, genera una situación intermedia respecto a la utilización de la EB.

### - Expeller de Soja

En la Argentina se conoce como expeller al subproducto de la extracción de aceite por prensa. Las muestras analizadas se agruparon de acuerdo a su contenido de lípidos (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Variación en la calidad de expeller de soja

Parámetro	Contenido de Lípidos			
	<7	7 y 8	9 y 10	>11
Extracto Etéreo (%)	6.35	7.78	9.29	13.08
Proteína (%)	41.40	41.82	41.30	41.09
EB (kcal/kg)	4513	4521	4667	4707
EMV (kcal/kg)	2991	3092	3264	3365
EMV/EB (%)	66.30	68.40	69.90	71.50
Solubilidad de Proteínas (%)	74.80	82.00	83.90	64.30
Actividad Ureásica ( $\Delta$ pH)	0.14	0.20	0.18	0.07
Inhibidores de Tripsina (TIU/mg)	3.80	6.50	10.90	3.50

Datos referidos a 92% de materia seca. EB: Energía Bruta; EMV: Energía Metabolizable Verdadera;

TIU/mg: Unidades de Inhibidor de Tripsina por mg de muestra.

Los resultados mostraron que el contenido de energía y su nivel de utilización se incrementaron en función del contenido de lípidos. El bajo valor de SP observado en la muestra con mayor contenido de lípidos podría deberse al sobrecalentamiento del material, situación que fue corroborada al observarse una disminución en la cantidad y digestibilidad de los aminoácidos de este material.

#### - Otras consideraciones

Gran parte de las características nutricionales del maíz y la soja provienen de sus componentes genéticos asociados a altos rendimientos por unidad de superficie. Las zonas y condiciones de producción pueden modificar esas características, al igual que las variaciones en los procesos de transformación. Pero, mas allá de estas posibilidades, es importante remarcar que para alcanzar el máximo potencial genético de las aves es indispensable incrementar de manera sustantiva, en cantidad y calidad, los nutrientes presentes en estos ingredientes. En este sentido el maíz ofrece alternativas de mejora a partir de una mejor utilización de sus componentes estructurales y de un incremento en sus contenidos proteicos y lipídicos. El complejo soja, por su parte, presenta mayores opciones de mejora provenientes de la reducción de fracciones de hidratos de carbono poco utilizables, de la disminución de inhibidores enzimáticos de efecto adverso sobre la utilización de la totalidad de la dieta y de mejoras en los procesos destinados a la extracción de aceite. Llegar a estas instancias depende de decisiones estratégicas empresariales y de grandes esfuerzos técnicos y económicos a lo largo de un período considerable de tiempo. Mientras estos cambios ocurren, el empleo de soluciones tecnológicas provenientes de la biotecnología (enzimas exógenas, ácidos orgánicos, pro y prebióticos, etc.) y la industria (equipos y procesos computarizados) generan importantes y efectivas contribuciones para mejorar los niveles de utilización del maíz y la soja.

#### - BIBLIOGRAFÍA

- Azcona, J. O., & Schang, M. J. (1995). Poroto de soja desactivado: Aspectos que afectan su valor biológico. *CAPIA Informa*, 152, 153, 154, 155.
- Azcona, J. O., Iglesias, B. F., & Charrière, M. V. (2011). Inhibidores de tripsina en el complejo soja. *XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura* (pp. CD-Rom). Buenos Aires: Asociación Latinoamericana de Avicultura.
- Azcona, J. O., Iglesias, B. F., Morao, L. R., & Schang, M. J. (2007). Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. *I Congreso Argentino de Nutrición Animal*. Congreso Argentino de Nutrición Animal. Parque Norte - Buenos Aires: CAENA.
- Bonino, M., Schang, M., Azcona, J., Sceglio, O., Terzaghi, A., Pascual, G., . . . Lago, C. (1991). Tablas de composición de ingredientes argentinos. *Balanceados Argentinos*, 63, 32-70.

- Schang, M., Azcona, J., Sceglio, O., Borrás, F., Rodríguez, S., & Yanigro, S. (1999). Tabla de composición de ingredientes argentinos. Jornadas de Nutrición y Genética de Aves de Producción. Buenos Aires.: Fac. de Cs. Veterinarias, UBA.
- Sibbald, I. R. (1976). A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science*, *55*, 303-308.
- Sibbald, I. R. (1979). A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science*, *58*, 668-673.
-