

EFFECTO DE NIVELES CRECIENTES DE INHIBIDORES DE TRIPSINA EN LA DIETA SOBRE EL DESEMPEÑO DE LAS AVES

Azcona, JO; Iglesias, BF y Charrière, MV.
INTA, EEA Pergamino, Sección Aves.

INTRODUCCIÓN

La soja es una de las fuentes de proteína vegetal más importantes en la dieta de aves y otras especies, no obstante, presenta una serie de factores antinutricionales que pueden afectar negativamente el desempeño de los animales que estamos alimentando. Entre estos podemos encontrar fitohemaglutininas (lectinas), saponinas, antivitaminas e inhibidores de proteasas (1). A estos últimos también se los conoce como inhibidores de tripsina (IT) por producir una inhibición competitiva de esta enzima, afectando la digestión de las proteínas y de manera indirecta la utilización de la energía. La mayoría de los factores antinutricionales mencionados son termolábiles por lo que se recurre a la aplicación de tratamientos térmicos para lograr el desactivado de los mismos. Existen diferentes alternativas de desactivado del grano de soja integral para luego utilizarlo como tal o como etapa previa para la extracción de aceite por prensa. Los procesos más utilizados en Argentina están basados en la aplicación de vapor, aire caliente o extrusión. Por otra parte, la industria de extracción de aceite por solvente utiliza vapor para el desolventizado y para el control de los IT. Una de las líneas de trabajo en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) es la evaluación del valor nutricional de materias primas. En el caso de productos de soja se ha encontrado una gran variabilidad en el contenido de IT remanentes, sobre todo en muestras correspondientes al proceso de extrusión en seco (2). La principal diferencia observada al comparar harinas de soja con soja extrusada en seco fue el nivel de IT remanentes (<4 UTI/mg en harinas y desde 6 a más de 20 UTI/mg en soja extrusada).

En base a estos antecedentes, se realizó una prueba de crecimiento con pollos para determinar el nivel de IT en la dieta a partir del cual se afecta el desempeño de las aves.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de niveles crecientes de inhibidores de tripsina presentes en la dieta de pollos parrilleros sobre el desempeño de las aves.

MATERIALES & MÉTODOS

Se produjeron dos partidas de soja desactivada por extrusión sin adición de vapor, (bien y mal desactivada) para disponer de materiales con bajo y alto contenido de IT. Las mismas se procesaron en Aceitera Pergamino utilizando un equipo marca Insta Pro de tornillo simple, 470 rpm y 1600 kg/h de producción. El régimen normal de trabajo fue de 142 °C a la salida del extrusor para la soja bien desactivada y 115 °C para la soja mal desactivada.

Las distintas muestras se enviaron a Labonet de Alimental para determinar contenidos de humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, actividad ureásica, proteína soluble e IT.

En la Sección Aves del INTA – EEA Pergamino se determinó el contenido de Energía Metabolizable Verdadera (EMV) utilizando gallos adultos (3). El contenido y digestibilidad de aminoácidos fue determinado en los laboratorios de Evonik en Alemania. (4)

Finalmente se realizó una prueba de crecimiento utilizando 810 pollitos BB machos de la línea Cobb 500 de un día de edad a los que se les suministró alimento en harina considerando cuatro etapas, preiniciador (1 – 7 días); iniciador (8 – 21 días); crecimiento (22 – 42 días) y terminador (43 – 49 días).

Se utilizó un diseño en bloques al azar, 6 tratamientos con 9 repeticiones de 15 aves cada una.

Los resultados fueron sometidos a un Análisis de Variancia de 2 vías. Prueba de Duncan para la separación de medias, utilizando el software InfoSTAT. (5)

En el Cuadro 1 figuran los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Tratamientos

Tratamientos	Descripción
1.- 1,4 UTI/mg	Dieta maíz-hna. de soja-aceite (Control).
2.- 2,4 UTI/mg	Dieta maíz-hna. de soja-soja extrusada con 10,1 UTI/mg.
3.- 3,4 UTI/mg	Dieta maíz-hna. de soja-soja extrusada. (75 – 25)*
4.- 4,4 UTI/mg	Dieta maíz-hna. de soja-soja extrusada. (50 – 50)*
5.- 5,4 UTI/mg	Dieta maíz-hna. de soja-soja extrusada. (25 – 75)*
6.- 6,4 UTI/mg	Dieta maíz-hna. de soja-soja extrusada con 30,5 UTI/mg.

* Los tratamientos 3, 4 y 5 se lograron por mezclas en diferentes proporciones de los tratamientos 2 y 6.

En los Cuadros 2 a 5 figuran las dietas experimentales utilizadas en cada etapa, las que fueron formuladas empleando el software N-utrition 2.0 (6) para alcanzar los requerimientos de la línea (7). Las dietas con 2.4 UTI/mg de alimento se elaboraron utilizando la soja bajo IT (10,1 UTI/kg). Las dietas con 6,4 UTI/mg de alimento se elaboraron utilizando la soja alto IT (30,5 UTI/mg) siendo necesario en algunas etapas utilizar también algo de la soja bajo IT para mantener el nivel deseado de IT en el alimento. A los efectos de la formulación de las dietas, a la soja alto IT se le asignó el mismo perfil nutricional que la soja bajo IT, la única diferencia entre ambas fue el contenido de IT.

Semanalmente se determinó el peso vivo individual, el consumo de alimento considerando ave-día y se calculó la conversión alimenticia. La mortalidad se registró diariamente.

Por intrapolación en una regresión lineal de las últimas 4 semanas de vida se estimó la edad a 2800 g.

Al finalizar la experiencia (49 días) se faenaron 14 aves por tratamiento para evaluar composición corporal determinando peso relativo a peso vivo y carcasa de pechuga, grasa abdominal y peso de páncreas.

Además se realizó el análisis histológico sobre 3 páncreas por tratamiento tomados al azar. En cada caso se consideró la presencia de hiperplasia de las células epiteliales que forman los acinos del páncreas exócrino, focos linfocitarios, fibrosis del intersticio, vacuolización intracitoplasmática de los acinos, y necrosis de los mismos. La graduación fue leve, moderada y severa. (8,9,10,11,12)

Cuadro 2. Composición y aporte de nutrientes de las dietas 1 a 7 días

Ingrediente (%)	Tratamientos (UTI/mg)		
	1,4	2,4	6,4
Maíz	57,311	57,623	55,281
Soja Aceite	2,458	0,130	
Conchilla	1,120	1,108	1,097
Innophos	1,641	1,657	1,655
Coccidiostato	0,050	0,050	0,050
Premix	0,200	0,200	0,200
Sal	0,485	0,484	0,484
Lisina	0,065	0,053	
DL-Metionina	0,204	0,203	0,191
Treonina			
Colina	0,050	0,050	0,050
Soja Harina	36,416	25,987	23,406
Soja Extrusada Bajo IT		12,454	
Soja Extrusada Alto IT			17,585
Nutrientes (%)			
Proteína	21,0	21,0	21,5
Lípidos	5,9	5,9	6,7
Ca	1,0	1,0	1,0
P Total	0,7	0,8	0,8
P Disponible	0,5	0,5	0,5
EMV Aves	3288	3288	3323
Lisina	1,162	1,154	1,154
Metionina	0,527	0,526	0,519
Met+Cis	0,863	0,863	0,865
Triptófano	0,257	0,255	0,264
Treonina	0,801	0,801	0,824
Arginina	1,360	1,366	1,415
Lisina Dig.	1,080	1,080	1,080
Metionina Dig.	0,508	0,505	0,499
Met+Cis Dig.	0,800	0,800	0,800
Triptófano Dig.	0,229	0,226	0,233
Treonina Dig.	0,702	0,702	0,723
Arginina Dig.	1,273	1,288	1,338
IT (UTI/mg)	1,6	2,4	6,4

Cuadro 3. Composición y aporte de nutrientes de las dietas 8 a 21 días

Ingrediente (%)	Tratamientos (UTI/mg)		
	1,4	2,4	6,4
Maíz	60,940	61,324	59,127
Soja Aceite	3,363	0,506	
Conchilla	1,091	1,077	1,067
Innophos	1,583	1,603	1,595
Coccidiostato	0,050	0,050	0,050
Premix	0,200	0,200	0,200
Sal	0,409	0,408	0,408
Lisina	0,080	0,065	
DL-Metionina	0,154	0,153	0,136
Treonina			
Colina	0,050	0,050	0,050
Soja Harina	32,080	19,281	17,784
Soja Extrusada Bajo IT		15,283	1,814
Soja Extrusada Alto IT			17,770
Nutrientes (%)			
Proteína	19,4	19,3	20,0
Lípidos	6,8	6,8	7,1
Ca	1,0	1,0	1,0
P Total	0,7	0,7	0,7
P Disponible	0,5	0,5	0,5
EMV Aves	3383	3383	3383
Lisina	1,063	1,053	1,054
Metionina	0,458	0,456	0,447
Met+Cis	0,770	0,770	0,773
Triptófano	0,232	0,231	0,242
Treonina	0,735	0,734	0,765
Arginina	1,234	1,241	1,303
Lisina Dig.	0,990	0,990	0,990
Metionina Dig.	0,439	0,437	0,428
Met+Cis Dig.	0,713	0,713	0,713
Triptófano Dig.	0,207	0,204	0,213
Treonina Dig.	0,644	0,644	0,671
Arginina Dig.	1,155	1,174	1,234
IT (UTI/mg)	1,4	2,4	6,4

Cuadro 4. Composición y aporte de nutrientes de las dietas 22 a 42 días

Ingrediente (%)	Tratamientos (UTI/mg)		
	1,4	2,4	6,4
Maíz	61,999	62,412	60,346
Soja Aceite	4,471	1,389	
Conchilla	1,036	1,021	1,006
Innophos	1,462	1,483	1,482
Coccidiostato	0,050	0,050	0,050
Premix	0,150	0,150	0,150
Sal	0,279	0,279	0,280
Lisina	0,085	0,069	
DL-Metionina	0,199	0,198	0,181
Treonina			
Colina	0,030	0,030	0,030
Soja Harina	30,239	16,434	10,971
Soja Extrusada Bajo IT		16,485	9,242
Soja Extrusada Alto IT			16,261
Nutrientes (%)			
Proteína	18,6	18,6	19,3
Lípidos	7,9	7,9	8,2
Ca	0,9	0,9	0,9
P Total	0,7	0,7	0,7
P Disponible	0,5	0,5	0,5
EMV Aves	3476	3476	3476
Lisina	1,020	1,009	1,007
Metionina	0,493	0,491	0,482
Met+Cis	0,795	0,795	0,798
Triptófano	0,222	0,220	0,231
Treonina	0,706	0,705	0,734
Arginina	1,178	1,187	1,250
Lisina Dig.	0,950	0,950	0,950
Metionina Dig.	0,476	0,473	0,463
Met+Cis Dig.	0,740	0,740	0,740
Triptófano Dig.	0,198	0,194	0,202
Treonina Dig.	0,618	0,618	0,644
Arginina Dig.	1,103	1,123	1,190
IT (UTI/mg)	1,3	2,4	6,4

Cuadro 5. Composición y aporte de nutrientes de las dietas 42 a 49 días

Ingrediente (%)	Tratamientos (UTI/mg)		
	1,4	2,4	6,4
Maíz	66,581	67,014	67,065
Soja Aceite	4,077	0,429	
Conchilla	1,241	1,226	1,224
Innophos	1,645	1,673	1,676
Coccidiostato			
Premix	0,150	0,150	0,150
Sal	0,384	0,383	0,383
Lisina	0,162	0,142	0,139
DL-Metionina	0,199	0,197	0,197
Treonina	0,056	0,057	0,057
Colina	0,030	0,030	0,030
Soja Harina	25,476	9,135	7,214
Soja Extrusada Bajo IT		19,564	3,014
Soja Extrusada Alto IT			18,851
Nutrientes (%)			
Proteína	17,0	17,0	17,0
Lípidos	7,6	7,6	7,6
Ca	0,9	0,9	0,9
P Total	0,7	0,7	0,7
P Disponible	0,5	0,5	0,5
EMV Aves	3476	3476	3476
Lisina	0,960	0,947	0,945
Metionina	0,472	0,469	0,469
Met+Cis	0,749	0,749	0,749
Triptófano	0,195	0,194	0,194
Treonina	0,690	0,690	0,690
Arginina	1,042	1,052	1,054
Lisina Dig.	0,900	0,900	0,900
Metionina Dig.	0,456	0,452	0,452
Met+Cis Dig.	0,700	0,700	0,700
Triptófano Dig.	0,174	0,170	0,169
Treonina Dig.	0,610	0,611	0,611
Arginina Dig.	0,975	1,000	1,003
IT (UTI/mg)	1,1	2,4	6,4

RESULTADOS & DISCUSIÓN

En los cuadros 6 a 8 figuran las determinaciones analíticas realizadas a las muestras de soja utilizadas.

Cuadro 6. Indicadores de calidad de los productos de soja utilizados

	MS	AU	SP	IT
	%	Δ pH	%	UTI/mg
Soja Harina	87,7	0,05	81,2	4,27
Soja Extrusada Bajo IT	93,5	0,18	85,5	10,12
Soja Extrusada Alto IT	93,2	1,77	97,3	30,54

Ms: Materia seca; AU: Actividad ureásica; SP: Solubilidad de proteínas; IT: Inhibidores de tripsina.

El contenido de IT de la Harina de Soja estuvo dentro de los valores reportados para este tipo de material (<5 UTI/mg) (2); mientras que en la Soja bajo IT el valor de IT fue de 10,1

UTI/mg de soja. Si bien este valor superó al encontrado en las harinas de soja, estuvo dentro del rango habitual para este tipo de proceso (2). La soja alto IT acusó en todos sus parámetros un problema de desactivado.

La soja bajo IT presentó valores de actividad ureásica (AU) aceptables, no obstante, el contenido de IT fue más del doble que el encontrado en la Harina de Soja, respuesta reportada previamente por este y otros autores con el proceso de extrusión en seco. (2,13,14)

La solubilidad de proteínas (SP) se situó en todos los casos por encima del 80%, indicando que no que hubo daño por sobreprocesado. (2)

Cuadro 7. Composición sojas (base tal cual)

Nutriente (%)	Soja Harina	Soja Extrusada	
		Bajo IT	Alto IT
Materia seca	88,8	93,2	93,1
EMV (kcal/kg)	2722	3961	3641
EMV/EB	65,3	76,4	70,2
Extracto Etéreo	2,82	20,67	20,60
Cenizas	5,95	5,41	5,19
Fibra	5,99	5,36	5,69
Proteína	44,61	37,18	36,42
Calcio	0,3	0,25	0,25
Aminoácidos totales (%)			
Metionina	0,610	0,500	0,490
Cistina	0,670	0,580	0,580
Met. + Cistina	1,280	1,070	1,070
Lisina	2,720	2,280	2,220
Treonina	1,760	1,460	1,440
Triptófano	0,610	0,500	0,500
Arginina	3,200	2,720	2,650
Isoleucina	2,030	1,680	1,640
Leucina	3,390	2,840	2,780
Valina	2,130	1,750	1,720
Histidina	1,190	0,980	0,960
Fenilalanina	2,250	1,880	1,830

EMV: Energía Metabolizable Verdadera. EB: Energía Bruta.

En cuanto al contenido de EMV, los gallos fueron capaces de detectar la Soja alto IT acusando una pérdida de 320 kcal/kg y 6,2 puntos porcentuales en el aprovechamiento de la EB respecto de la soja bajo IT.

Cuadro 8. Coeficiente de digestibilidad de aminoácidos

Digestibilidad (%)	Soja Harina	Soja Extrusada	Soja Extrusada
		Bajo IT	Alto IT
Metionina	93,8	92,8	84,1
Cistina	84,1	85,0	74,6
Met. + Cistina	89,0	89,0	79,3
Lisina	92,3	95,2	89,7
Treonina	88,1	88,5	81,1
Triptófano	n/d	n/d	n/d
Arginina	93,5	96,4	92,4
Isoleucina	93,1	92,8	83,5
Leucina	93,1	92,8	84,3
Valina	91,2	90,7	80,7
Histidina	88,9	94,6	88,3
Fenilalanina	94,2	94,2	86,9
Promedio todos los AA	91,0	92,0	84,1

n/d: No Determinado. AA: Aminoácidos.

Al considerar la digestibilidad promedio de todos los aminoácidos se hallaron valores habituales para aquellas materias primas que fueron correctamente procesadas. (2) Las mejoras en digestibilidad tanto de la energía como de los aminoácidos observadas al aplicar un proceso térmico no solo se deberían a una reducción de los IT, sino que también habría desnaturalización de otros factores antinutricionales termolábiles y una modificación de la estructura de las proteínas que hace que estas fueran fácilmente atacadas por las enzimas específicas. (15)

En los Cuadros 9 a 13 y Gráficos 1 a 3 figuran los resultados zootécnicos obtenidos.

Cuadro 9. Consumo (g)

Tratamientos	Edad (días)						
	7	14	21	28	35	42	49
1.- 1,4 UTI/mg	115	450 ^a	1087 ^a	2121 ^a	3169 ^a	4597 ^a	6112 ^a
2.- 2,4 UTI/mg	117	447 ^a	1072 ^{ab}	2092 ^a	3116 ^{ab}	4561 ^a	6115 ^a
3.- 3,4 UTI/mg	114	448 ^a	1059 ^{ab}	2082 ^a	3112 ^{ab}	4567 ^a	6105 ^a
4.- 4,4 UTI/mg	117	430 ^b	1042 ^b	2074 ^a	3104 ^{ab}	4562 ^a	6100 ^a
5.- 5,4 UTI/mg	114	416 ^c	993 ^c	1985 ^b	3009 ^{bc}	4403 ^b	5915 ^b
6.- 6,4 UTI/mg	111	410 ^c	991 ^c	1971 ^b	2989 ^c	4395 ^b	5911 ^b
CV%	5,0	2,8	3,7	3,2	3,2	2,9	2,7
Probabilidad	0,96	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contrastes							
Rta. Lineal	0,54	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Rta. Cuadrática	0,48	0,11	0,56	0,31	0,57	0,25	0,20

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Desde los 14 días se observó una disminución significativa en el consumo respecto de 1,4 UTI/mg, en el tratamiento con 4,4 UTI/mg de alimento hasta los 28 días y en aquellos con 5,4 UTI/mg de alimento o más las diferencias se mantuvieron hasta el fin de la experiencia.

Hubo una correlación negativa (respuesta lineal) entre el contenido de IT en el alimento y el consumo. No obstante, los dos niveles más altos presentaron una caída brusca en el consumo (en promedio 195 g respecto de los restantes).

Cuadro 10. Peso (g)

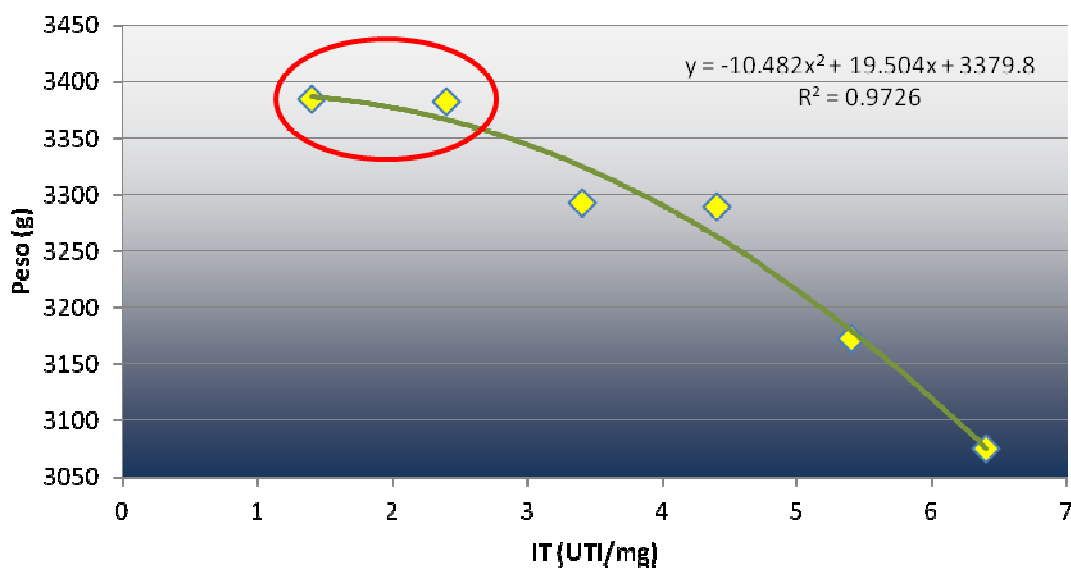
Tratamientos	Edad (días)						
	7	14	21	28	35	42	49
1.- 1,4 UTI/mg	137 ^a	364 ^a	770 ^a	1370 ^a	1980 ^a	2726 ^a	3384 ^a
2.- 2,4 UTI/mg	138 ^a	357 ^{ab}	752 ^{ab}	1351 ^{ab}	1944 ^{ab}	2662 ^a	3382 ^a
3.- 3,4 UTI/mg	138 ^a	353 ^b	732 ^{bc}	1317 ^{bc}	1914 ^{bc}	2649 ^a	3293 ^b
4.- 4,4 UTI/mg	136 ^{ab}	336 ^c	718 ^c	1298 ^c	1877 ^c	2645 ^a	3289 ^b
5.- 5,4 UTI/mg	132 ^{bc}	317 ^d	667 ^d	1217 ^d	1788 ^d	2511 ^b	3172 ^c
6.- 6,4 UTI/mg	129 ^c	302 ^e	649 ^d	1163 ^e	1703 ^e	2428 ^c	3075 ^d
CV%	1,7	2,6	3,0	3,3	2,9	2,7	2,3
Probabilidad	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contrastes							
Rta. Lineal	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Rta. Cuadrática	0,03	<0,01	0,10	0,02	0,01	0,02	0,03

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente (p≤0,05).

A los 7 días se observó una disminución significativa en el peso de los pollos respecto de 1,4 UTI/mg de alimento con las dietas con 5,4 UTI/mg de alimento o más. Desde los 14 días dichas diferencias fueron significativas con 3,4 UTI/mg de alimento o más. Los niveles de 1,4 y 2,4 UTI/mg no mostraron diferencias estadísticas entre sí a lo largo de toda la experiencia

No obstante se encontró una correlación negativa entre el contenido de IT en el alimento y el peso de las aves siendo el efecto más marcado con los niveles más altos de IT. (Cuadro 10 y Gráfico 1)

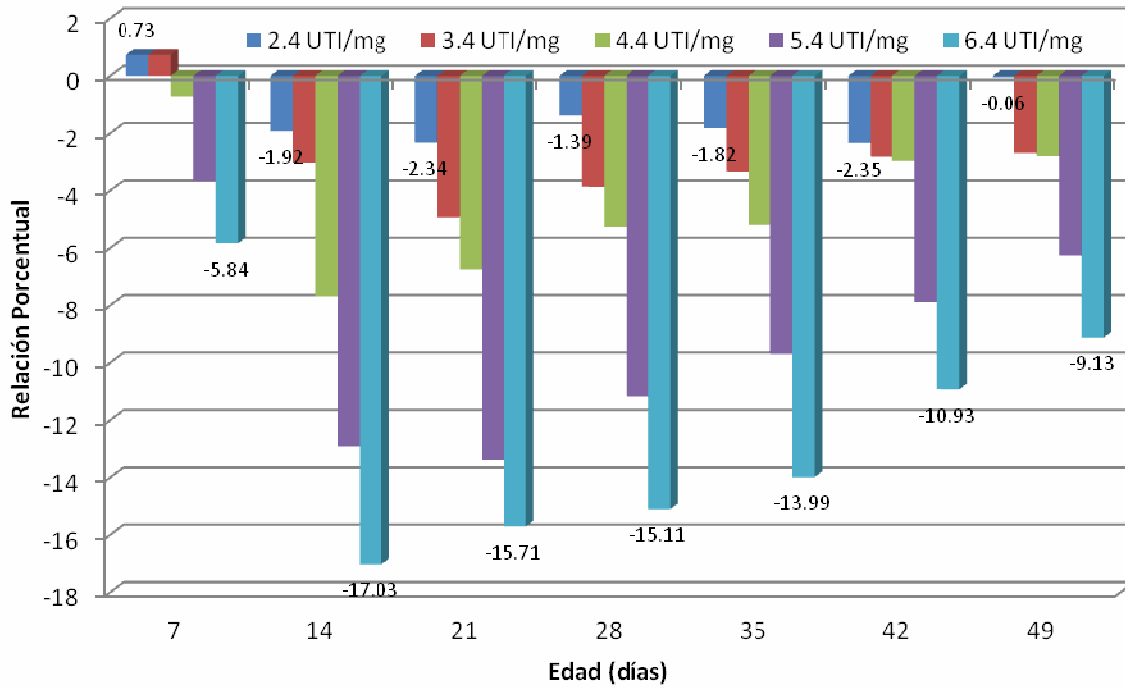
Gráfico 1. Peso de las aves a los 49 días en función del contenido de IT en el alimento.



En el Gráfico 2 se muestra el diferencial de peso en términos porcentuales respecto del tratamiento con 1,4 UTI/mg a diferentes edades.

A edades tempranas, dicho diferencial fue mucho más marcado, lo que se corresponde con la etapa de mayor demanda de aminoácidos por parte del ave.

Gráfico 2. Efecto del nivel de IT sobre el peso en función de la edad del ave (respecto de 1,4 UTI/mg)



En la Figura 1 se muestran un ave del tratamiento con 1,4 y otra del tratamiento con 6,4 UTI/mg de alimento a los 49 días de vida.

Figura 1. Fotografía de pollos a los 49 días de vida



Cuadro 11. Conversión

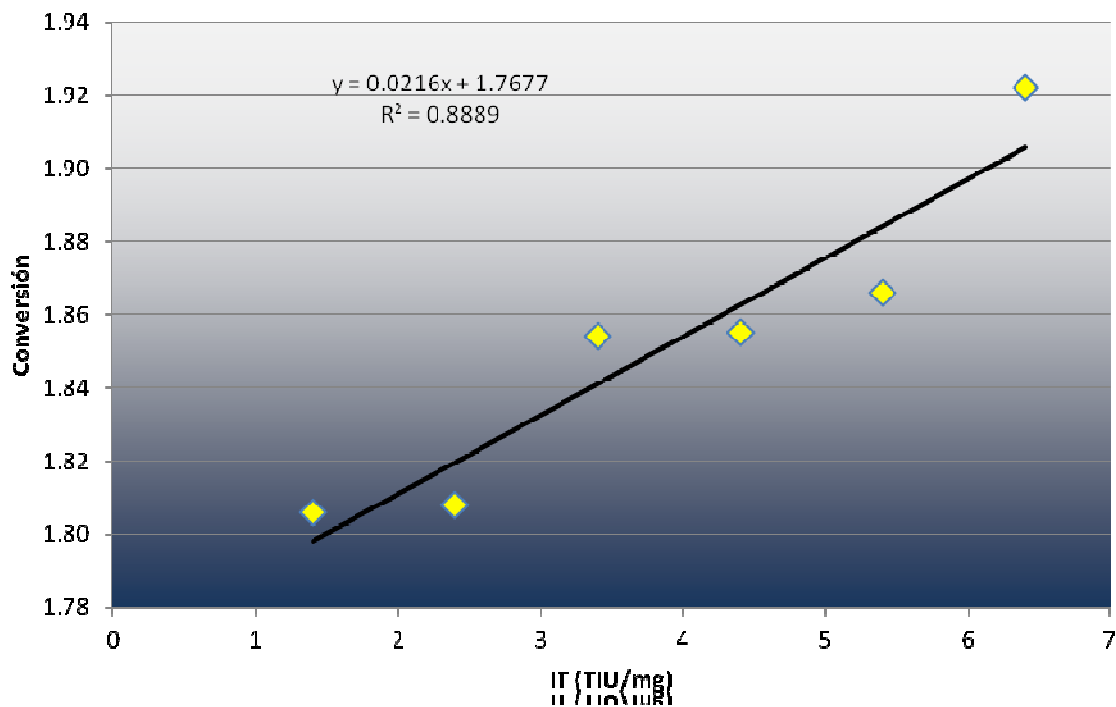
Tratamientos	Edad (días)						
	7	14	21	28	35	42	49
1.- 1,4 UTI/mg	0,833	1,236 ^c	1,413 ^c	1,549 ^d	1,601 ^d	1,687 ^c	1,806 ^c
2.- 2,4 UTI/mg	0,851	1,254 ^c	1,427 ^c	1,549 ^d	1,603 ^d	1,713 ^c	1,808 ^c
3.- 3,4 UTI/mg	0,824	1,268 ^{bc}	1,447 ^{bc}	1,580 ^{cd}	1,626 ^{cd}	1,724 ^{bc}	1,854 ^b
4.- 4,4 UTI/mg	0,860	1,279 ^{bc}	1,452 ^{bc}	1,598 ^{bc}	1,654 ^{bc}	1,725 ^{bc}	1,855 ^b
5.- 5,4 UTI/mg	0,867	1,311 ^b	1,489 ^{ab}	1,630 ^b	1,682 ^b	1,753 ^b	1,866 ^b
6.- 6,4 UTI/mg	0,863	1,359 ^a	1,526 ^a	1,695 ^a	1,755 ^a	1,811 ^a	1,922 ^a
CV%	4,3	3,1	3,3	2,6	3,2	1,9	2,2
Probabilidad	0,39	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contrastes							
Rta. Lineal	0,32	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Rta. Cuadrática	0,92	0,12	0,27	0,03	0,02	0,06	0,34

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

La conversión fue empeorando al aumentar el nivel de IT en la dieta. Comparado con el nivel más bajo de IT (1,4 UTI/mg de alimento), dichas diferencias fueron significativas a partir de los 14 días con 5,4 UTI/mg de alimento o más, a partir de los 28 días con 4,4 UTI/mg (excepto a los 42 días) y a los 49 días con 3,4 UTI/mg de alimento. No obstante los dos primeros niveles de IT no presentaron diferencias entre sí.

Se observó una correlación lineal entre niveles de IT en el alimento y conversión alimenticia en todas las edades. (Cuadro 11 y Gráfico 3)

Gráfico 3. Conversión alimenticia a los 49 días en función del contenido de IT en el alimento.



Cuadro 12. Peso/Conversión

Tratamientos	Edad (días)						
	7	14	21	28	35	42	49
1.- 1,4 UTI/mg	165 ^{ab}	295 ^a	545 ^a	885 ^a	1237 ^a	1617 ^a	1874 ^a
2.- 2,4 UTI/mg	162 ^{ab}	285 ^{ab}	527 ^{ab}	873 ^{ab}	1213 ^{ab}	1555 ^b	1871 ^a
3.- 3,4 UTI/mg	167 ^a	279 ^b	506 ^{bc}	834 ^{bc}	1178 ^{bc}	1537 ^b	1778 ^b
4.- 4,4 UTI/mg	159 ^{ab}	263 ^c	495 ^c	813 ^c	1135 ^c	1535 ^b	1774 ^b
5.- 5,4 UTI/mg	152 ^b	242 ^d	448 ^d	747 ^d	1063 ^d	1434 ^c	1702 ^c
6.- 6,4 UTI/mg	151 ^b	223 ^e	426 ^d	687 ^e	971 ^e	1342 ^d	1601 ^d
CV%	3,9	4,7	5,1	4,9	3,8	3,6	3,5
Probabilidad	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Contrastes							
Rta. Lineal	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Rta. Cuadrática	0,32	0,02	0,15	0,01	<0,01	0,01	0,06

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

La relación peso/conversión mostró un comportamiento similar al descrito para peso vivo exceptuando que a los 42 días se observaron diferencias significativas entre los dos primeros niveles de IT evaluados.

Cuadro 13. Edad a peso de faena (2800 g)

Tratamientos	Edad a 2800 g
1.- 1,4 UTI/mg	43,1 ^d
2.- 2,4 UTI/mg	43,4 ^{cd}
3.- 3,4 UTI/mg	44,0 ^c
4.- 4,4 UTI/mg	44,0 ^c
5.- 5,4 UTI/mg	45,4 ^b
6.- 6,4 UTI/mg	46,4 ^a
CV%	1,6
Probabilidad	<0,01
Contrastes	
Rta. Lineal	<0,01
Rta. Cuadrática	0,01

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

La edad a peso de faena (2800 g) también fue afectada por el contenido de IT en la dieta siendo las diferencias significativas respecto de 1,4 UTI/mg a partir de 3,4 UTI/mg de alimento. No se observaron diferencias para este parámetro entre 1,4 y 2,4 UTI/mg de alimento.

Cuadro 14. Peso de páncreas

Tratamientos	Páncreas g
1.- 1,4 UTI/mg	5,45 ^c
2.- 2,4 UTI/mg	5,50 ^c
3.- 3,4 UTI/mg	6,09 ^b
4.- 4,4 UTI/mg	6,34 ^{bc}
5.- 5,4 UTI/mg	7,01 ^a
6.- 6,4 UTI/mg	7,66 ^a
CV%	13,7
Probabilidad	<0,01
Contrastes	
Rta. Lineal	<0,01
Rta. Cuadrática	0,14

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

El peso del páncreas se incrementó significativamente a partir de 3,4 UTI/ mg de alimento, mostrando una respuesta lineal.

No obstante, estas diferencias pueden ser identificadas en estudios como el presente, pero en condiciones de campo, sin tener un punto de referencia, el peso del páncreas sería de utilidad relativa.

Cuadro 15. Composición corporal

Tratamientos	Pechuga		Grasa Abdominal	
	% Peso Vivo	% Carcasa	% Peso Vivo	% Carcasa
1.- 1,37 UTI/mg	26,38 ^a	35,10 ^a	1,50 ^c	1,89 ^c
2.- 2,37 UTI/mg	26,04 ^a	35,47 ^a	1,63 ^{bc}	2,23 ^{bc}
3.- 3,37 UTI/mg	25,95 ^a	35,56 ^a	1,77 ^{abc}	2,28 ^{abc}
4.- 4,37 UTI/mg	25,17 ^{ab}	34,14 ^{ab}	2,04 ^a	2,76 ^a
5.- 5,37 UTI/mg	25,78 ^a	34,81 ^a	1,75 ^{abc}	2,35 ^{abc}
6.- 6,37 UTI/mg	24,57 ^b	33,20 ^b	1,98 ^{ab}	2,66 ^{ab}
CV%	5,6	5,0	23,8	24,0
Probabilidad	0,01	0,01	0,01	0,04
Contrastes				
Rta. Lineal	<0,01	<0,01	0,05	<0,01
Rta. Cuadrática	0,68	0,11	0,30	0,23

Medias en una misma columna con distinta letra difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Al aumentar el contenido de IT tiende a aumentar el contenido de grasa y disminuir el de pechuga siendo las diferencias significativas entre niveles extremos de IT.

CONCLUSIONES

- ✚ La Soja bien Extrusada presentó valores de IT mayores que la Harina de Soja. Esta es una característica de este proceso que muchas veces no puede ponerse en evidencia si sólo se determina actividad ureásica. Por este motivo se sugiere determinar IT para tener una referencia del grado de desactivado que se está alcanzando con el equipo.
- ✚ La solubilidad de proteínas se situó por encima de la línea de corte (70%) en todos los casos lo que indica que no hubo problemas derivados de un tratamiento térmico excesivo.
- ✚ La utilización de la energía (EMV/EB) cayó 6,2 puntos (equivalente a 320 kcal/kg) al pasar de una soja con 10 UTI/mg de IT remanentes a una con 30 UTI/mg.
- ✚ La digestibilidad promedio de los aminoácidos cayó de 92% a 84% al hacer la misma comparación.
- ✚ Al aumentar el nivel de IT en alimento se resiente el desempeño de las aves siendo este efecto más marcado con altos niveles de IT en la dieta. A su vez, el efecto adverso sobre el peso vivo fue mucho más marcado a edades tempranas.
 - ◆ A los 49 días no se observaron diferencias en el desempeño y composición corporal de las aves que consumieron dietas con 1,4 o 2,4 UTI/mg de alimento.
 - ◆ Aumentos en el contenido de IT por encima de 2,4 UTI/mg de alimento generaron:
 - Disminución del consumo (hasta un -3,3% con 6,4 UTI/mg de alimento);
 - Disminución del peso (hasta -9,1%);
 - Aumento de la conversión (hasta +6,4%);
 - Disminución de la relación peso/conversión (hasta -14,6%);

- Aumento de la edad de faena (hasta +3,3 días);
- Aumento del peso del páncreas (hasta un 40%).

✚ En base a estos resultados, el nivel de IT en la dieta no debería superar los 2,4 UTI/mg de alimento, siendo recomendable utilizar dietas con el menor nivel de IT posible durante los primeros días de vida, donde su efecto sobre el crecimiento de las aves es mucho más marcado.

AGRADECIMIENTOS

Quedamos agradecidos con el Agr. Omar Sceglío (INTA – EEA Pergamino, Sección Aves) por la asistencia técnica brindada durante la realización del presente ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kakade ML, Simons NR, Liener IE, Lambert JW. Biochemical and nutritional assessment of different varieties of soybeans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1972; 10(1): p. 87-90.
2. Azcona JO, Iglesias BF, Morao LR, Schang MJ. Composición de ingredientes argentinos: maíz y soja. In I Congreso Argentino de Nutrición Animal; 2007; Congreso Argentino de Nutrición Animal. Parque Norte - Buenos Aires: CAENA.
3. Sibbald IR. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science*. 1976; 55: p. 303-308.
4. Sibbald IR. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Science*. 1979; 58: p. 668-673.
5. InfoSTAT. [software estadístico]. Manual del usuario. Córdoba; 2011.
6. DAPP. N-nutrition 2.0. Colón; 2003.
7. Cobb. Cobb-Vantress Inc. [Online].; 2008. Disponible: HYPERLINK "http://www.cobb-vantress.com" <http://www.cobb-vantress.com> .
8. Boguśawska-Tryk M. Effect of Different Levels of Cellulose in the Diet on the Proteolytic Activity of the Pancreas in Broiler Chickens. 2005: p. 19-23.
9. Emiola IA, Ologhobo AD, Gous RM. Performance and histological responses of internal organs of broiler chickens fed raw, dehulled, and aqueous and dry-heated kidney bean meals. *Poultry Science*. 2007; 86: p. 1234-1240.
10. Rubio LA, Brenes A, Castaño M. Histological alterations to the pancreas and the intestinal tract produced by raw faba bean (*Vicia faba* L. minor) diets in growing chicks. *British Poultry Science*. 1989; 30(1): p. 101-114.
11. Struthers BJ, MacDonald JR, Dahlgren RR, Hopkins DT. Effects on the monkey, pig and rat pancreas of soy products with varying levels of trypsin inhibitor and comparison with the administration of cholecystokinin. *Journal of Nutrition*. 1983; 113(1): p. 86-97.
12. Sato N, Suzuki S, Kanai S, Ohta M, Jimi A, Noda T, et al. Different effects of oral administration of synthetic trypsin inhibitor on the pancreas between cholecystokinin-A receptor gene knockout mice and wild type mice. *The Japanese Journal of Pharmacology*. 2002; 89(3): p. 290-295.
13. Azcona JO, Iglesias BF, Charrière MV, Morao LR. Inhibidores de tripsina en poroto de soja extrusado: Niveles de tolerancia en detas para aves. In II Congreso Argentino de Nutrición Animal; 2009; Congreso Argenitno de Nutrición Animal. Parque Norte - Buenos Aires: CAENA.
14. Varga-Visi E, Albert C, Lóki K, Csapó J. Evaluation of the inactivation of heat sensitive antinutritive factors in fullfat soybean. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*. 2009; 2(1): p. 111-117.

15. Kakade ML, Hoffa DE, Liener IE. Contribution of trypsin inhibitors to the deleterious effects of unheated soybeans fed to rats. *The Journal of Nutrition*. 1973; 103: p. 1772-1778.