

EL VALOR NUTRITIVO DEL TRITICALE COMO
ALIMENTO POTENCIAL PARA EL HOMBRE Y LOS
ANIMALES. INVESTIGACIÓN NACIONAL
1969-1978

ARMANDO S. SHIMADA

*Departamento de Nutrición Animal
Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, SARH*

ERNESTO ÁVILA

*Departamento de Avicultura
Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. SARH*

I. Introducción	337
II. Material y métodos generales	338
III. Valor alimenticio comparativo del triticale con otros cereales	341
1. Valor comparativo del triticale y del maíz para la rata en crecimiento	341
2. Valor comparativo del triticale y del maíz para el pollo de engorda en crecimiento	342
3. Valor comparativo del triticale y del maíz para el pollo de engorda en finalización	344
4. Valor comparativo del triticale y del sorgo para pollas de reemplazo	347
5. Valor comparativo del triticale del trigo y del sorgo para gallinas en postura	348
6. Valor comparativo del triticale y del sorgo para el cerdo en crecimiento	350
7. Valor nutritivo de combinaciones de triticale y pasta de soya para el cerdo en crecimiento	351
8. Valor comparativo del triticale y del sorgo para el cerdo en finalización	352
9. Valor comparativo del triticale y del maíz para el cerdo en finalización	353
Conclusiones	354

IV. Aminoácidos limitantes del triticale	354
1. Efecto de la adición de L-lisina y/o DL-metionina en dietas a base de triticale para ratas	355
2. Efecto de la suplementación de L-lisina y DL-metionina en dietas con 85% de triticale para ratas	356
3. Determinación de los aminoácidos limitantes para la rata en crecimiento.	357
4. Efecto de la adición de L-lisina , L-tionina a dietas de triticale, con 14.4% de proteína para ratas	361
5. Efecto de la suplementación de L-lisina en dieta triticale-soya, para pollos	362
6. Efecto de la adición de L-lisina en dietas para pollos a base de triticale como la única fuente de proteína	363
7. Efecto de la suplementación de DL-metionina, en dietas triticale-soya para pollos	364
8. Efecto de la adición de L-triptofano o DL-metionina, en dietas a base de triticale para pollos en iniciación	365
9. Efecto de la suplementación de L-treonina o L-valina a dietas a base de triticale para pollo en iniciación	366
10. Efecto de la adición de L-treonina a dietas con triticale como única fuente de proteína	367
11. Efecto de la suplementación de L-treonina en dietas triticale-soya con 20% de proteína, para pollas.	367
12. Efecto de la adición de L-treonina en dietas triticale soya para gallinas en postura	369
13. Efecto de la adición de L-lisina a dietas con 96% de triticale para cerdos en crecimiento	370
14. Efecto de la adición de L-lisina y/o DL-metionina a dietas con 96% de triticale, para cerdos en crecimiento	370
15. Adición de aminoácidos a dietas de triticale, par el cerdo en crecimiento	371
16. Efecto de la suplementación de L-lisina y L- treonina en dietas con 96.8% de triticale 304, par cerdos	372
Conclusiones	373
 V. Estudios sobre la digestibilidad del triticale	
1. Digestibilidad aparente de la proteína del triticale para la rata en crecimiento	374
2. Disponibilidad de la lisina del triticale para la rata en crecimiento	375
3. Energía metabolizable del triticale para la rata	377
4. Energía metabolizable del triticale para el pollo	378
5. Energía metabolizable del triticale para el cerdo	379
6. Energía metabolizable <i>in vitro</i> del triticale	381
 Conclusiones	381

VI. Empleo de aditivos para mejorar el valor alimenticio del triticales	383
1. Efecto de la suplementación de aceite en dietas con triticales o trigo para pollos de engorda en iniciación	383
2. Efecto de la adición de aceite a dietas a base de triticales, para pollos de engorda	385
3. Efecto del remojado y de la suplementación de enzimas sobre el valor nutritivo del triticales para pollos	387
Conclusiones	387
VII. Resumen general	389
Referencias	390

I. Introducción

Los granos de cereales son empleados como fuentes de energía en la alimentación del hombre, así como de los animales de granja. La calidad proteica de los cereales es generalmente deficiente, tanto en cantidad como en calidad, por lo que la alimentación de las especies mencionadas debe ser balanceada con fuentes proteicas, como son los productos de origen animal, las leguminosas y las pastas de oleaginosas. Sin embargo, puesto que la disponibilidad de dichos productos es limitada, en los países en desarrollo los cereales también constituyen la principal (y en ocasiones la única) fuente de proteína.

Una de las formas que se han intentado con el fin de solucionar parcialmente el problema ha sido el empleo de métodos genéticos para mejorar el contenido proteico y aminoacídico de los granos. Un descubrimiento importante en la última década fue la identificación de genes mutantes en el maíz, que causan alteraciones en el endospermo del grano y que resultan en mayor cantidad de lisina y triptofano, aminoácidos reconocidos como los más limitantes del maíz.

El triticales es un cereal producido artificialmente por el hombre, mediante cruza entre trigo (gén. *Triticum*) y centeno (gén. *Secale*). El híbrido intergenérico tiene características de ambos ancestros ya que combina el alto contenido proteico del trigo con el elevado contenido en lisina del centeno; también combina el alto rendimiento, la productividad y la resistencia a enfermedades del primer cereal con el vigor y la adaptabilidad del segundo (22): El nombre del triticales deriva de una combinación de los nombres científicos de los dos géneros involucrados.

El híbrido fue descrito por primera vez en 1876 por A. S. Wilson; sin embargo, fue considerado como una curiosidad científica y no fue sino hasta hace veinte años que se comenzó a reconocer su potencial como cultivo comercial (22).

Los resultados de las investigaciones agronómicas realizadas en las áreas del rendimiento, adaptación, prácticas de cultivo, germinación, tipo de grano, etcétera, han sido resumidos por Zillinsky y Borlaug (51). Las dificultades iniciales para el desarrollo del grano estuvieron asociadas principalmente con esterilidad, desarrollo pobre del endospermo, malformaciones morfológicas y mala germinación (52). Aparentemente, las combinaciones genéticas favorables y el descarte rígido en las generaciones segregadas han permitido a los genetistas superar las limitaciones iniciales.

Pomeranz (36) resumió los descubrimientos recientes concernientes a la estructura del triticale, así como a la naturaleza química de sus componentes proteicos y amilosos. Como sucede con el resto de los cereales, el componente principal del triticale es almidón (49.1 a 57.1%). La viscosidad de este compuesto en el híbrido es menor que en trigo y centeno, pero el almidón ligado a la proteína y la actividad de la alfa amilasa son más altos en el triticale. En el mismo artículo se describe y resume información relacionada con el uso potencial del triticale en cervecería, panadería y otras aplicaciones.

La información que existía sobre el valor nutritivo del triticale era escasa e incompleta por lo que se efectuaron una serie de estudios tendientes a ampliar el acervo de conocimientos sobre el potencial alimenticio de este nuevo ingrediente.

II. Material y métodos

Se realizaron treinta y nueve experimentos: nueve con ratas albinas, veinte con pollos y gallinas, nueve con cerdos y uno *in vitro*, con el objeto de determinar el valor nutritivo del triticale para las especies mencionadas.

Se emplearon cuatro diferentes muestras de triticale.* El análisis proximal de los cereales(cuadro 1) así como de los otros ingredien-

* La muestra BU-69, empleada en la mayor parte de los estudios, fue, cosechada en 1970 en Ciudad Obregón, Son., y está constituida por una mezcla de diversas líneas derivadas de experimentos agronómicos conducidos por el

tes y las raciones terminadas fue determinado mediante los métodos señalados por la Association of Official Agricultural Chemists (A.O. A.C.) (3). El contenido de aminoácidos (cuadro 2), excepto triptofano, fue determinado por cromatografía de intercambio iónico en un autoanalizador, previa hidrólisis ácida de las muestras. El triptofano fue determinado mediante el método descrito por Hernández y Bates (20).

Todas las raciones experimentales cubrieron ampliamente las necesidades de calcio, fósforo, sal, vitaminas y minerales traza de los animales (32, 33, 34).

Los animales empleados en todos los experimentos tuvieron alimento y agua a libre acceso. Fueron pesados al inicio de los estudios y posteriormente a intervalos de una, dos o cuatro semanas, hasta su terminación. En todos los estudios se llevó un registro semanal del consumo de alimento.

CUADRO 1

ANÁLISIS PROXIMAL DE CUATRO LÍNEAS DE TRITICALE ^a (38, 43)

	<i>Línea</i>			
	BU -69	6-A-298	G-12-131	304
Proteína cruda	16.10	17.17	16.50	17.47
Extracto etéreo	3.70	1.46	1:62	1.88
Fibra cruda	3.00	2.66	2.54	3.98
Materia mineral	1.60	2.13	2.03	2.76
Extracto no nitrogenado	75.40	76.58	77.31	73.91

^a Todos los valores están expresados como por ciento, base seca.

CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo); las muestras 6-A-298, G-12-131 y 304 fueron cosechadas en 1971 y 1972, en Indiana, Texas e, Illinois, EUA, respectivamente, y obtenidas a través de B.-J. Hankins, del Departamento de Agronomía de la Universidad de Purdue, EUA.

CUADRO 2

AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN LA PROTEÍNA DE CUATRO
LÍNEAS DE TRITICALE *a* (38, 43)

	<i>Línea</i>			
	BU-69	6-A-298	G-12-131	304
Lisina	3.54	3.60	2.88	2.83
Treonina	3.42	2.86	2.87	2.68
Histidina	" 2.36	2.39	2.23	2.23
Arginina	6.02	5.08	4.99	5.15
Valina	5.09	4.72	4.71	4.52
Isoleucina	3.85	2.91	3.59	3.25
Leucina	7.51	6.70	6.38	5.86
Fenilalanina	4.97	4.97	4.92	3.43
Triptofano	0.99	1.05	1.21	<u>—</u> ^b
Azufrados ^c	0.56	2.68	2.24	1.94

a Expresados como g/16 g de nitrógeno.

b No se determinó.

c No se realizaron estudios de recuperación. El primer valor corresponde a metionina; los últimos tres a la suma de metionina + cistina.

En el caso de los estudios metabólicos se emplearon los métodos de colección total y de óxido de cromo. Las muestras de excreta fueron recolectadas diariamente y congeladas a -10° C para su análisis posterior. La orina fue filtrada a través de "pelo de ángel" a matraces que contenían ácido sulfúrico concentrado, y refrigerada para su análisis posterior. Las muestras de materia fecal fueron secadas en una estufa de aire forzado a 40° C durante 72 horas, molidas, equilibradas a humedad ambiental, pesadas y refrigeradas. El contenido de nitrógeno de alimento, heces y orina fue determinado por el método de Kjeldahl (3). La energía bruta del alimento y heces fue determinada en una bomba adiabática Parr. El óxido de cromo se analizó espectrofotométricamente por el método de Czarnocki, Sibbald y Evans (14).

Todos los parámetros obtenidos fueron sujetos a análisis de varianza, y las medias fueron comparadas ya sea por medio de la prueba de Duncan o la de Newman-Keuls(48).

III. Valor alimenticio comparativo del triticale con otros cereales

Introducción

El valor nutritivo del triticale ha sido comparado con el de otros cereales, empleando diversas especies animales como sujetos experimentales. Sell, Hodgson y Shebeski (39) compararon triticale con trigo y centeno, como componente de raciones para pollos y observaron que a las cuatro semanas de edad, las aves alimentadas con el cereal híbrido se desarrollaron mejor que aquellas que recibieron los otros granos. Bixler, Schaible y Bandemer (7) condujeron un estudio preliminar con pollos, en el que compararon triticale con maíz, trigo y centeno, y concluyeron que cuando el triticale es empleado como único grano, su valor nutritivo es igual al centeno pero inferior al del maíz y el trigo. En un estudio llevado a cabo con ratas en crecimiento, Knipfel(25) observó que las ratas alimentadas con triticale tuvieron una relación de eficiencia proteica similar a la de ratas que recibían centeno, y que ambas eran superiores al trigo. Allee y Hines (1) y emplearon triticale y sorgo como componentes de raciones para cerdos y concluyeron que el valor alimenticio de ambos granos era similar, al ser comparados en base isoproteica .

Se condujeron nueve experimentos con el fin de comparar el valor alimenticio del triticale con el de otros cereales, para la rata en crecimiento, el pollo para engorda, la gallina para postura y el cerdo para abasto.

1. Valor comparativo del triticale y del maíz para la rata en crecimiento (43).

Se emplearon 90 ratas albinas machos (Sprague-Dawley) con un peso promedio inicial de 65.4 g. Se compararon tres granos (triticales 6-A-298 y G-12-131 vs. maíz) y tres niveles de proteína en un arreglo factorial 3 x 3 en cinco bloques al azar. Ambos triticales se compararan con el maíz, tanto en base isoproteica, como con base en el peso. La composición de las raciones experimentales se muestra en el cuadro 3, en el que, igualmente, se resumen los resultados obtenidos durante los 19 días de duración del estudio. Se observaron efectos significativos tanto de los factores principales, como de la interacción grano x proteína ($P \leq .05$). El nivel de proteína y la interacción grano x proteína tuvieron un efecto altamente significativo

($P \leq .01$) en la relación alimento / ganancia. Cuando los granos fueron empleados como la única fuente de nitrógeno en raciones con 7.8% de proteína, la ganancia promedio diaria no fue influida significativamente ($P \geq .05$) por el tipo de grano. La relación alimento/ganancia de las ratas alimentadas con el 6-A-298 fue superior a la lograda con los otros granos ($P \leq .05$). Cuando los tres cereales fueron combinados con cantidades iguales de pasta de soya (dieta con 11.1% de proteína), la ganancia diaria y la conversión alimenticia fueron mejoradas significativamente en comparación con las dietas con menor cantidad de proteína. Un aumento subsecuente del contenido proteico de la dieta maíz-pasta de soya mejoró ambos parámetros. Cuando los triticales fueron empleados como la única fuente de proteína (14.4%), las ratas crecieron menos y tuvieron una menor eficiencia en comparación con aquellas alimentadas con maíz-pasta de soya con el mismo contenido de proteína. Los datos de los tratamientos con la menor cantidad de proteína sugieren que cuando se emplea en base isonitrogenada la proteína del triticale tiene un valor biológico comparable al del maíz para la rata en crecimiento. Tanto el triticale como el maíz resultaron en ganancias y conversiones muy pobres, lo que sugiere limitaciones tanto cuantitativas como cualitativas de aminoácidos en las dietas. Las limitaciones mencionadas fueron resueltas solamente en forma parcial con la adición de pasta de soya en cantidades suficientes para elevar el contenido proteico a 11.1 %. Cuando los tres granos fueron comparados con base en el peso, las dietas con triticale proporcionaron mayor cantidad de proteína, lo que permitió un crecimiento más rápido ($P \leq .05$). Sin embargo, las dietas mencionadas fueron aún inferiores a la testigo (maíz-soya) con 14.4% de proteína, lo que sugiere que el crecimiento pobre observado con las dietas con 7.8% de proteína se debió no solamente a la menor cantidad sino también a la menor calidad de las fuentes de proteína.

2. *Valor comparativo del triticale y del maíz para el pollo de engorda en crecimiento (43).*

Doscientos cincuenta y seis pollos machos (White Mountain) de un día de edad, con un peso promedio inicial de 42.4 g, fueron colocados en grupos de ocho aves. Se comparó triticale vs. maíz, tanto con base en el peso; como en base isonitrogenada, conforme un arreglo factorial 2 x 3, siendo los factores el grano y tres niveles de

CUADRO 3

ALIMENTACIÓN DE RATAS CON DIETAS A BASE DE TRITICALE O MAÍZ, A TRES NIVELES DE PROTEÍNA (43)

	<i>D i e t a</i>								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Maíz, %	96.6	—	—	88.5	—	—	80.4	—	—
Tcl. 6-A-298, %	—	50.6	—	—	46.4	—	—	93.9	—
Tcl. G-12 131, %	—	—	52.0	—	—	47.7	—	—	96.6
Pasta de soya, %	—	—	—	8.1	8.1	8.1	16.2	—	—
Glucosa, %	—	46.0	44.6	—	42.1	40.8	—	2.7	—
Premezcla, ^a %	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.1	3.4	3.4	3.4
Proteína, %	7.8	7.8	7.8	11.1	11.1	11.1	14.4	14.4	14.4
Ganancia diaria, g	1.5 ^b	1.7 ^b	1.6 ^b	4.9 ^e	4.5 ^e	4.9 ^e	6.8 ^f	3.4 ^c	4.3 ^d
Alimento/ganancia	8.6 ^b	7.6 ^b	8.2 ^b	3.7 ^e	3.7 ^e	3.7 ^e	2.9 ^f	4.5 ^d	3.9 ^e

^a Proporcionó por kg de dieta: vit. A, 2000 U.I.; vit. D3, 200 U. I.; vit. B12, 0.01 mg; colina, 750 mg; niacina, 15 mg; pantotenato de calcio, 8 mg; riboflavina, 2.5 mg; Ca. 5.8 g; P, 2.5 g; Fe, 25 mg; Cu, 5 mg; Zn, 40 mg; NaCl, 2.5 g.

^{b, c, d, e} Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

proteína. Los resultados de 21 días de experimentación (cuadro 4) muestran que cuando los granos fueron comparados con base en el peso, en dietas bajas en pasta de soya, los pollos alimentados con triticale crecieron más rápidamente que aquellos que recibieron maíz; lo anterior se debió probablemente a una simple diferencia en la cantidad de proteína alimenticia, ya que las dietas con triticale proporcionaron un mínimo de 20% de proteína, mientras que las formadas a base de maíz contenían niveles subóptimos. Sin embargo, cuando se aumentó la cantidad de pasta de soya en la dieta base de maíz, de tal forma que la proteína se elevó a 20%, el crecimiento de los pollos fue ligeramente superior al obtenido con las dietas a base de triticale, siendo significativas las diferencias en conversión ($P \leq .05$). Cuando dietas isoproteicas basadas ya sea en maíz o en triticale fueron comparadas a tres niveles de proteína, las basadas en maíz dieron por resultado mayores aumentos de peso, aunque no significativos. Pollos alimentados con las dietas a base de maíz, con 20 y 22% de proteína, tuvieron valores de eficiencia de conversión menores que los obtenidos con las dietas equivalentes a base de triticale; no hubo diferencia en las eficiencias de conversión resultantes de las dietas con 24% de proteína, ($P \geq .05$). Todas las dietas que proporcionaron 20% de proteína, independientemente del tipo de grano usado, fueron similares estadísticamente, lo que indica que ese nivel de proteína proporcionó aminoácidos en cantidades suficientes para cubrir las necesidades de los pollos.

3. *Valor comparativo del triticale y del maíz para el pollo de engorda en finalización (38).*

Se emplearon 150 pollos de engorda sin sexar, de cinco semanas e edad, con un peso promedio inicial de 685 g. Las aves fueron distribuidas en grupos de 10. Se estudiaron los siguientes tratamientos alimenticios isocalóricos, en un diseño completamente al azar : 1. dieta testigo maíz-pasta de soya; 2. dieta triticale-soya con el mismo contenido de pasta de soya que la dieta 1; 3. dieta triticale-soya con el mismo contenido de proteína, lisina y metionina + cistina que la dieta 1; 4. dieta triticale + aminoácidos con igual cantidad de lisina y metionina + cistina que la dieta 1; 5. dieta triticale solo (cuadro 5). Los resultados de 21 días mostraron que la substitución total del maíz con triticale no tuvo efecto significativo ni en el crecimiento ni en la conversión alimenticia ($P \geq .05$). Igualmente, la substitución total

CUADRO 4

COMPARACIÓN DE TRITICALE Y MAÍZ CON BASE EN PESO EN CONTENIDO PROTEICO, EN DIETAS PARA POLLOS DE ENGORDA (43)

	<i>D i e t a</i>							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Triticale 304, %	65.85	71.00	77.37	—	—	—	—	—
Maíz, %	—	—	—	65.85	71.90	77.37	56.04	61.20
Pasta de soya, %	28.15	22.10	16.63	28.15	22.10	16.63	37.96	32.80
Premezcla, ^a %	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Proteína, %	24.2	22.0	20.0	20.0	17.4	15.1	24.2	22.0
Ganancia diaria, g	17.5 <i>b</i>	17.6 <i>b</i>	17.4 <i>b</i>	18.3 <i>b</i>	15.3 <i>e</i>	12.5 <i>d</i>	18.5 <i>b</i>	18.2 <i>b</i>
Alimento/ganancia	1.57 ^c	1.58 ^c	1.67 ^b	1.53 ^c	1.75 ^b	1.73 ^b	1.52 ^c	1.41 ^d

^a Proporcionó por kg de dieta: piedra caliza, 14.5 g; fosfato dicálcico, 21.0 g; cloruro de sodio, 4.5 g; aceite de maíz, 100 g; vit. A, 5000 U.I.; vit. D, 500 U.I.; vit. K, 1.2 mg; vit. E, 8.8 U.I.; riboflavina, 8.8 mg; pantotenato de calcio, 17.6 mg; vit. B12, 6.5 mg; cloruro de colina, 2.0 g; BHT, 125.0 mg; Mn, 162 mg; Zn, 48 mg.

b, e, d Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

del maíz y parte de la pasta de soya con triticale, en base isoproteica, no afectó los parámetros mencionados ($P \geq .05$). La ración formulada a base de triticale adicionado con sus tres aminoácidos limitantes en cantidad suficiente para cubrir los requerimientos hipotéticos del pollo produjo resultados inferiores ($P \leq .05$), lo cual pudo deberse simplemente al bajo porcentaje de proteína de la dieta (15.2%). Como era de esperarse, la ración a base de triticale sólo fue la más pobre ($P \leq .05$).

CUADRO 5

EFFECTO DE EMPLEAR TRITICALE EN RACIONES PARA POLLOS
DE 5-8 SEMANAS (38)

<i>Ingrediente, %</i>	<i>Dieta</i>				
	1	2	3	4	5
Maíz	55.00				
Triticale BU-69		55.00	68.50	90.00	90.00
Pasta de soya	33.70	33.70	20.00		
Aceite vegetal	5.00	7.00	7.00	5.00	5.00
L-lisina HCl			.064	0.78	
L-treonina				0.06	
DL-metionina	0.24	0.12	0.19	0.30	
Premezcla <i>a</i>	3.95	3.95	3.95	3.95	
Almidón	2.11	0.23	0.30		1.05
<i>Análisis calculado, %</i>					
Proteína					
Lisina	20.33	24.90	20.83	15.21	15.21
Metionina + cistina	1.14	1.31	1.10	1.10	0.49
Treonina	0.75	0.75	0.75	0.75	0.45
Energía met. kcal/g	0.79	0.85	0.7	0.48	0.42
<i>Resultados b</i>	3.21	3.17	2	3.25	3.25
			3.22		
Ganancia diaria, g	703.0 <i>b</i>	698.0 <i>b</i>	678.3 <i>b</i>	485.7 <i>c</i>	270.8 <i>d</i>
Alimento/ganancia	2.54 ^{<i>b</i>}	2.54 ^{<i>b</i>}	2.57 ^{<i>b</i>}	3.54 ^{<i>c</i>}	5.21 ^{<i>d</i>}

a Cuca y Ávila (16).

b, c, d Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$); las desviaciones estándar fueron 22.8 y .1585, respectivamente.

EL VALOR NUTRITIVO DEL TRITICALE

4. *Valor comparativo del triticale y del sorgo para pollas de reemplazo (6).*

Se emplearon 120 pollitas de una línea comercial Leghorn, de una semana de edad, las cuales se distribuyeron al azar en ocho grupos de 15 aves cada uno. A la cuarta semana de edad se trasladaron a jaulas de crecimiento; donde permanecieron hasta cumplir 20 semanas de edad, fecha en que se dio por terminado el experimento. Las pollas fueron despichadas a las ocho semanas de edad. El diseño experimental utilizado fue uno completamente al azar; los tratamientos estudiados fueron dos, cada uno con cuatro repeticiones y consistieron en dietas sorgo-soya vs. dietas triticale - soya. De la 1 a 8 semanas de edad, las dietas contenían 20% de proteína; de 8 a 16 semanas, 18%, y de 16 a 20 semanas de edad, 16.4% de proteína (cuadro 6). Únicamente fue necesario suplementar lisina en las dietas

CUADRO 6

COMPOSICIÓN DE DIETAS A BASE DE TRITICALE O SORGO; PARA POLLAS DE REEMPLAZO (6)

<i>Edad</i> <i>Dieta</i>	<i>1-8 semanas</i>		<i>8-16 semanas</i>		<i>16-20 semanas</i>	
	1	2	1	2	1	2
<i>Ingrediente, %</i>						
Sorgo a	65.262		67.380		71.930	
Triticale		70.290		78.100		83.600
Pasta de soya	30.800	22.200	26.000	15.500	21.500	10.000
Premezcla <i>b</i>	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400	6.400
DL-metionina	.238		.220		.170	
L-lisina HCl		.110				
Aceite de cártamo		1.000				
<i>Análisis calculado, %</i>						
Proteína	20.15	20.12	18.04	18.02	16.39	16.43
Lisina	1.11	1.11	.97	.83	.84	.72
Metionina + cistina	.75		.68		.60	
Triptofano	.24	.22	.22	.19	.20	.17
Energía metabolizable, kcal/kg	2816	2735	2852	2716	2886	2740

a En la dieta de 1-8 semanas se empleó sorgo con un contenido de proteína de 9.7%, en los restantes se empleó sorgo con 9.14% ..

b Cuca y Ávila (16).

triticale soya proporcionadas de 1 a 8 semanas de edad; pues en las dietas resultantes el requerimiento de lisina fue cubierto según lo estipulado por la *National Academy of Sciences* (34). Los resultados promedio obtenidos de 1 a 20 semanas de edad; se encuentran resumidos en el cuadro 7. No se encontró diferencia significativa ($P \geq .05$) en el peso de las aves a las 20 semanas de edad. El consumo de alimento fue mayor ($P \leq .05$) en las pollas que recibieron las dietas triticale-soya, probablemente debido a la menor cantidad de energía metabolizable de estas dietas. No obstante el mayor consumo de alimento, no se encontró diferencia estadística entre tratamientos en conversión alimenticia. La edad al primer huevo fue similar, lo que indica que no se afectó la madurez sexual de las aves alimentadas con las dietas triticale-soya.

CUADRO 7

EFFECTO DE EMPLEAR TRITICALE O SORGO EN DIETAS PARA POLLAS DE REEMPLAZO, DE 1 A 20 SEMANAS DE, EDAD (6)

<i>Tratamiento</i>	<i>Peso inicial 1ª. sem.</i> (g)	<i>Peso final 20. sem.</i> (g)	<i>Consumo de alimento</i> (g)	<i>Conversión alimenticia</i>	<i>Edad al primer huevo</i>
Sorgo + soya	59.3 ^a	1213 ^a	6969 ^a	5.57 ^a	142 ^a
Triticale + soya	60.4 ^a	1330 ^a	7379 ^b	5.81 ^a	140 ^a

a, b Valores con diferente letra son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

5. *Valor comparativo del triticale, del trigo y del sorgo para gallinas en postura (16).*

Se emplearon 150 gallinas (Harco Sex-Link) en postura; para comparar la substitución (50 y 100%) de a proteína del sorgo, ya sea con trigo o con triticale. Cada tratamiento experimental fue ofrecido a tres grupos de 10 aves. Las gallinas fueron mantenidas en jaulas individuales durante las 14 semanas de duración del estudio.

Se tomaron quincenalmente datos de producción, peso de huevo y consumo de alimento. Los resultados se resumen en el cuadro 8. La producción de huevo bajó significativamente al emplear trigo o triticales como sustituto total de sorgo, lo cual pudo haberse debido a una deficiencia, ya sea en aminoácidos, o en ácidos grasos, especialmente el linoleico. El peso de los huevos producidos con las dietas a base de trigo fue ligeramente inferior al logrado con sorgo; sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($P \geq .05$). El empleo de triticales dio como resultado huevos con peso inferior ($P \leq .05$).

CUADRO 8

SUBSTITUCIÓN PROGRESIVA DE PROTEÍNA DE SORGO POR
PROTEÍNA DE TRITICALE O TRIGO EN DIETAS PARA
GALLINAS EN POSTURA (16)

	<u>D i e t a</u>				
	1	2	3	4	5
Sorgo, %	67.29	33.64		33.64	
Triticale BU -69, %		18.91	37.82		
Trigo, %				20.13	40.26
Azúcar %		14.74	29.47	13.52	27.03
Pasta de soya, %	22.08	22.08	22.08	22.08	22.08
premezcla, a %	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
DL-metionina, %	0.23	0.13	0.13	0.13	0.13
Proteína, %	16.49	16.49	16.49	16.49	16.49
Peso del huevo, g	63.7 b	61.1 d	61.7 cd	62.4 bcd	62.8 bc
Producción					
de huevo, %	57.3 b	55.9 b	45.5 ^c	53.3 bc	47.0 c
Alimento/huev	3.50 c	4.01 ^{bc}	4.40 ^b	4.03 ^{bc}	4.32 ^b

a -Proporcionó por kg de dieta: vit. A, 6000 U.L; vit. D3, 1000 U.L; vit. B12, 10 mg; vit. E, 5 V.L; riboflavina, 2 mg; ácido pantoténico, 5 mg; niacina, 10 mg; colina, 40 mg; penicilina, 10 mg; carbonato de calcio, 45 g; roca fosfórica, 50 g; sal, 5 g; MnSO₄, 225 mg; CaCO₃, 16 mg; ZnCO₃, 6.5 g; KI, 2.5 mg.

b, c, d Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

6. *Valor comparativo del triticale y del sorgo para el cerdo en crecimiento (41).*

Se emplearon 16 lechones hembras (Duroc), destetadas de 14.6 kg. El diseño usado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, consistiendo los tratamientos alimenticios en la substitución progresiva del grano de una dieta base sorgo-soya, con triticale. Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro 9. Ni la ganancia ni la conversión fueron afectados significativamente por el nivel de triticale empleado, lo que indicó que el triticale puede sustituir a una parte o al total del sorgo y a una parte de la pasta de soya de raciones para cerdos, lo que indica que se llenaron las necesidades de aminoácidos y de energía.

CUADRO 9

SUBSTITUCIÓN PROGRESIVA DE SORGO POR TRITICALE, EN DIETAS PARA CERDOS EN CRECIMIENTO (41)

	<i>D i e t a</i>			
	1	2	3	4
Triticale, BU-69, %		30.0	60.0	90.0
Sorgo, %	78.5	52.2	25.9	
Pasta de soya, %	17.5	13.8	10.1	6.0
Premezcla, ^a %	4.0	4.0	4.0	4.0
Proteína, %	16.0	16.0	16.0	16.0
Ganancia diaria, g	559.0 ^b	551.0 ^b	532.0 ^b	554.0 ^b
Alimento/ganancia	3.25 ^b	3.27 ^b	3.32 ^b	3.21 ^b

^a Proporcionó por kg de dieta: vit. A, 2000 U.I.; vit. D3, 200 U.I.; colina, 1, g; ácido pantoténico; 15 mg; riboflavina, 3.8 mg; piridoxina, 1 mg; tiamina, 1 mg; niacina, 30 mg; vit. B12, 15 mg; bacitracina, 40 mg; harina de hueso, 30.0 g; sal, 5.0 g; Mn, 40 mg; Fe, 80 mg; Zn, 80.3 mg; Cu, 10 mg; I, 0.5 mg.

^b Diferencias no significativas entre tratamientos ($P \geq .05$). Las desviaciones estándar fueron 32.0 y 0.18, respectivamente.

7. *Valor nutritivo de combinaciones de triticale y pasta de soya para el cerdo en crecimiento (43).*

Se emplearon treinta cerdos cruzados, con un peso promedio inicial de 16.2 kg, los cuales fueron alojados por parejas en corraletas de 1.2 x 2.4 m. Los tratamientos alimenticios consistieron en la suplementación de triticale con niveles crecientes de pasta de soya. Cada tratamiento fue repetido tres veces en un diseño experimental de bloques al azar. Los resultados de los 42 días de estudio se muestran en el cuadro 10. Se observó una respuesta lineal significativa a la adición de niveles crecientes de pasta de soya, lo que sugiere que aunque el contenido de proteína del triticale es más elevado que el del maíz, sólo puede substituir a este último con base en el peso. Más aún, las dietas a base de triticale no fueron bien aceptadas por los cerdos, ya que les tomó más de 10 días adaptarse a las mismas, con el consiguiente retraso en el crecimiento. El bajo consumo observado pudo haberse debido al triticale *per se* o a contaminación con cornezuelo (*Claviceps purpurea*); este último es un hongo que ataca a algunos cereales de grano pequeño.

CUADRO 10

COMBINACIONES DE TRITICALE Y PASTA DE SOYA, PARA CERDOS EN CRECIMIENTO (43)

	<i>Dieta</i>				
	1	2	3	4	5
Triticale 304, %	97.25	92.25	27.25	82.25	77.25
Pasta de soya, %		5.00	10.00	15.00	20.00
Premezcla, ^a %	2.75	2.75	2.75	2.25	2.75
Proteína, %	14.4	16.2	18.1	19.9	21.7
Ganancia diaria, g	64.0 ^b	200.0 ^c	249.0 ^{cd}	311.0 ^d	379.0 ^d
Alimento/ganancia	7.71 ^b	3.93 ^c	3.24 ^c	2.87 ^e	2.76 ^c

a Proporcionó por kg de dieta: fosfato dicálcico, 17.5 g; piedra caliza, 6.0 g; sal, 2.5 g; vit. A, 2640 D.I.; vit. D, 264 D.I.; vit. E, 13.2 D.I.; vit. K, 1.98 D.I.; riboflavina, 2.64 mg; ácido pantoténico, 10.5 mg; niacina, 15.8 mg; vit. B12, 13.2 mg; Cu, 5 mg; I, 200 mg; Fe, 500 mg; Mn, 20 mg; Zn, 50 mg.

b, c, d. Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

8. *Valor comparativo del Triticale y del sorgo para el cerdo en finalización (42).*

Doce cerdos castrados Yorkshire con un peso promedio inicial de 50.4 kg fueron utilizados en un experimento tendiente a estudiar el efecto de substituir progresivamente el sorgo de una dieta patrón sorgo-pasta de soya, por triticale. Se empleó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos replicados tres veces. Los resultados se muestran en el cuadro 11. Se observó un efecto lineal negativo ($P \leq .01$) del nivel de triticale en la ganancia de peso, la que disminuyó al aumentar el triticale de la ración. Las diferencias de conversión alimenticia no fueron estadísticamente sig-

CUADRO 11

SUBSTITUCIÓN PROGRESIVA DE SORGO POR TRITICALE, EN RACIONES PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN (42)

	<i>Dieta</i>			
	1	2	3	4
Triticale BU-69, %		32.0	64.0	96.0
Sorgo, %	81.3	54.2	27.1	
Pasta de soya, %	14.7	9.8	4.9	
Premezcla, a %	4.0	4.0	4.0	4.0
Proteína, %'	14.0	14.0	14.0	14.0
Ganancia diaria, ^b kg	0.826	0.837	0.806	0.699
Alimento/ganancia	3.37 ^c	3.66 ^c	3.56 ^c	4.15 ^c

a Shimada *et al.* (41).

b Respuesta lineal significativa; el cuadrado medio del error fue 4.882.

c Diferencias no significativas; el C.M.E. fue 0.101.

nificativas; sin embargo, se observó una mejor conversión a medida que se aumentó el triticale hasta un 65%. El nivel de 96% resultó ser el más alejado al óptimo. En general, los datos parecen indicar que el triticale puede ser utilizado en dietas para el cerdo en finalización; sin embargo, los resultados obtenidos con el nivel de 96% indican que el cereal tiene algunas limitantes nutricionales que hacen

inadecuado su uso como único ingrediente de raciones para cerdos en finalización. De hecho, es probable que la lisina aportada en tal dieta haya sido solamente marginal (0.55%) con respecto al requerimiento de cerdos de esta edad (0.50%), según lo estipulado por el NRC (33). Igualmente debemos recordar que la cantidad de lisina no nos indica necesariamente su disponibilidad.

9. *Valor comparativo del triticale y del maíz para el cerdo en finalización (38).*

Doce cerdos de la raza Hampshire, mitad hembras y mitad machos, con un peso promedio inicial de 67.9 kg, fueron alojados individualmente en corrales con piso de cemento. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar y cada dieta se proporcionó *ad libitum* a dos hembras y dos machos. La duración del estudio fue de 56 días. Los resultados de este estudio se muestran en el cuadro 12.

CUADRO 12

COMPARACIÓN DE RACIONES, A BASE DE TRITICALE O MAÍZ, CON IGUAL CONTENIDO EN LISINA, PARA CERDOS EN FINALIZACIÓN (38)

	<i>D i e t a</i>		
	1	2	3
Triticale BU-69, %		81.4	86.6
Maíz, %			
Pasta de soya, %	14.5	4.5	
Melaza de caña, %	10.0	10.0	10.0
Premezcla, ^a %	4.0	4.0	4.0
L-lisina HC1, %			4.0
Azúcar, %	0.1	0.1	
Proteína, %	12.5	15.9	14.5
Lisina, %	0.52	0.52	0.52
Ganancia diaria, ^b kg	1.053	0.982	0.977
Alimento/ganancia ^b	3.37	3.64	3.72

^a Shimada *et. al.* (41).

^b Las diferencias entre tratamientos no fueron significativas ($P \geq .05$); las desviaciones fueron 0:0436 y 0.110, respectivamente.

El empleo de triticale en substitución de maíz no tuvo efectos significativos en ganancia de peso, consumo de alimento ni conversión alimenticia ($P \geq .05$), lo cual indica que cuando el triticale es suplementado con L-lisina o pasta de soya, ambos son adecuados para satisfacer el déficit de lisina en la proteína del cereal. Los machos tuvieron mayor aumento de peso y consumo de alimento que las hembras ($P \leq .01$), lo que era de esperarse, ya que es un hecho conocido que la curva de crecimiento de los primeros es más pronunciada. La conversión alimenticia de ambos sexos fue estadísticamente similar ($P \geq .05$).

Conclusiones

De los experimentos resumidos en esta sección se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Cuando se compara con base en el peso, el valor nutritivo del triticale es superior al del maíz, para la rata, el pollo y el cerdo. La superioridad se debe simplemente a un mayor aporte cuantitativo tanto de proteína como de algunos aminoácidos esenciales, como la lisina.

2. Cuando se compara en base isoproteica, el valor nutritivo del triticale es comparable al del maíz, el sorgo y el trigo, ya que el crecimiento y la producción de los animales alimentados con los diferentes granos es similar.

3. La cantidad de suplemento proteico necesaria para cubrir los requerimientos nutritivos de los animales es menor cuando se emplea triticale que cuando se emplean los otros cereales, lo que implica una disminución en la demanda de las fuentes de proteína. De hecho, es factible la alimentación de cerdos para abasto en finalización mediante dietas formuladas a base de triticale, vitaminas, minerales y lisina sintética, lográndose ganancias de peso y conversiones alimenticias comparables a las obtenidas con otros granos + suplementos proteicos.

IV. Aminoácidos limitantes del triticale

Las investigaciones realizadas en animales no rumiantes han demostrado que el valor, alimenticio del triticale es comparable al de otros granos comúnmente utilizados en las dietas (7, 8, 13, 19, 40).

Muchos de estos estudios, así como también otros realizados con humanos, ratas y pollos, señalan que la lisina es el primer aminoácido limitante en la proteína de triticale (19, 24, 25, 40). Son muy limitados los datos concernientes a otros aminoácidos limitantes en la proteína de este cereal. Sell, Hodgson y Shebeski (40) observaron una respuesta significativa en la ganancia de peso de los pollos con la suplementación de metionina, y concluyen que este aminoácido es deficiente en el triticale. Sin embargo, Fernández y McGinnis(19) encontraron que la adición de metionina no ejercía ningún efecto en el crecimiento de pollos; estos mismos autores demostraron un efecto benéfico en la suplementación de treonina a las dietas de triticale.

Se condujeron dieciocho experimentos con el propósito de determinar los aminoácidos limitantes del triticale para la rata, el pollo, la gallina y el cerdo.

1. *Efecto de la adición de L-lisina y/o DL-metionina en dietas a base de triticale para ratas (11)*

Se utilizaron 48 ratas albinas machos, con un peso promedio inicial de 60 g, que fueron colocadas en jaulas metabólicas individuales, designándose cada uno de los ocho tratamientos en forma completa mente al azar, de tal manera que cada tratamiento contó con seis repeticiones. Las dietas experimentales fueron semejantes en su contenido de proteína cruda, derivada de 85% de triticale BU-69 más una mezcla de vitaminas y minerales. Las suplementaciones de lisina y/o metionina empleadas se aprecian en el cuadro 13. Los datos obtenidos muestran que la adición de L-lisina en un nivel de 0.2% produjo la mayor ganancia de peso y la mejor conversión alimenticia. La retención de nitrógeno también aumentó en este tratamiento; sin embargo, el valor máximo para este parámetro fue obtenido con ratas que consumieron 0.3% de lisina suplementaria. Cuando se añadió metionina sin la suplementación de lisina, las ganancias de peso y la retención de nitrógeno reflejaron un claro desequilibrio de aminoácidos, lo que sugiere que la lisina es el primer aminoácido limitante. Cuando tanto lisina como metionina fueron suplementadas, la retención de nitrógeno aumentó notablemente, fue superior a los otros tratamientos ($P \leq .05$) y sólo comparable al tratamiento con 0.3% de lisina suplementaria. Este fenómeno, aunque

no confirmado con las ganancias de peso, indica que cuando se cubre el requerimiento de lisina puede manifestarse una respuesta a la adición de DL-metionina.

CUADRO 13

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE L-LISINA Y/O DL-METIONINA,
A DIETAS CON 85% DE TRITICALE, PARA LA RATA
EN CRECIMIENTO (11)

Dieta	1	2	3	4	5	6	7	8
Lisina, %		0.2	0.3	0.4			0.2	0.3
Metionina, %					0.15	0.30	0.1	0.2
Ganancia total, g	42.3	47.7	38.2	42.6	37.2	39.3	42.8	42.8
Alimento/ganancia	5.0	4.4	5.5	5.0	5.6	5.4	5.0	5.0
Retención de nitrógeno, %	25 ^a	38 ^a	48 ^b	38 ^a	25 ^a	31 ^a	48 ^b	51 ^b

a, b Valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

2. *Efecto de la suplementación de L-lisina y DL-metionina en dietas con 85% de triticales para ratas (11)*

Treinta y dos ratas albinas machos con un peso inicial de 50 g fueron asignadas a jaulas metabólicas individuales; se probaron ocho tratamientos en los que diferentes niveles de suplementación de lisina y metionina se adicionaron a una dieta con 85% de triticales + vitaminas y minerales. El diseño estadístico utilizado fue un factorial incompleto 4 x 4. Los niveles de cada uno de los aminoácidos suplementados fueron añadidos en cantidades ascendentes regulares (cuadro 14). Esto se hizo con objeto de poder calcular, mediante derivadas de segundo grado, el nivel de suplementación óptimo de cada aminoácido. El análisis de los resultados (cuadro 14) muestra que con base en ganancia de peso el nivel óptimo de suplementación de lisina se encuentra entre los tratamientos 3 y 5, es decir, con niveles suplementarios de lisina pura de 0.28 y 0.44%, equivalente a 0.35 y 0.55% de L-lisina HCl (80% lisina pura). Asimismo, estos tratamientos tuvieron la mayor retención de nitrógeno y una conversión alimenticia similar. Cuando el nivel de lisina suplementaria se aumentó a 0.76%

CUADRO 14

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE COMBINACIONES DE L-LISINA
y DL-METIONINA A DIETAS CON 85% DE TRITICALE
PARA LA RATA EN CRECIMIENTO (11)

Dieta	1	2	3	4	5	6	7	8
Lisina, %	0.15	0.15	0.35	0.35	0.55	0.55	0.76	0.76
Metionina, %	0.10	0.38	0.24	0.52	0.10	0.38	0.24	0.52
Ganancia total, g	48.3	56.8	66.0	66.3	66.3	70.0	64.7	57.5
Alimento/ganancia Retención de	1.6	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6
nitrógeno, %	47.0	53.5	62.5	46.5	61.2	47.0	59.0	60.0

a Efecto significativo de lisina ($P < .05$).

(0.6% lisina pura, tratamiento 8), se presentó un detrimento en la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Este fenómeno indica que el nivel suplementario de lisina empleado excedió notablemente al requerimiento de la rata para este aminoácido. No se encontró respuesta estadísticamente significativa a metionina; sin embargo, las mejores ganancias de peso observadas fueron logradas por las ratas, que al consumir el mismo nivel de lisina suplementaria, tuvieron mayor cantidad de DL-metionina adicionada (tratamiento 6). Este efecto benéfico se manifestó también en el tratamiento 2. Estas observaciones sugieren que hay una respuesta benéfica, no confirmada estadísticamente, a la suplementación de DL-metionina. El nivel óptimo de suplementación de L-lisina HCl calculado con la ecuación de regresión resultó ser de 0.48%. Los datos de este estudio señalan claramente que lisina es el primer aminoácido limitante del triticales para la rata, y que metionina posiblemente sea el segundo.

3. *Determinación de los aminoácidos limitantes para la rata en crecimiento* (44)

Doscientas ochenta ratas albinas machos (Sprague-Dawley) se dividieron en grupos de 100, 100 y 80, con pesos promedio de 63.9, 59.3 y 65.8 g, y fueron utilizadas en tres experimentos, respectiva-

mente. Dietas con 10% de proteína a base de triticale como única fuente de proteína, fueron suplementadas con DL-metionina, L-treonina y L-lisina HCl, solas o en combinación en un arreglo factorial 2 x 2 x 2 con cinco repeticiones. En dos experimentos se incluyen dos tratamientos adicionales: la suplementación de L-isoleucina y L-valina, y L-leucina y L-valina (cuarto y quinto aminoácido limitantes por cálculo, respectivamente). Además de los tratamientos adicionales mencionados, se empleó una dieta control maíz-soya con 14% de proteína. Los triticales se diluyeron con glucosa monohidratada para lograr el nivel de proteína establecido. Al finalizar los experimentos, la mitad de las ratas de cada tratamiento se sacrificaron con éter, y se determinó el contenido de nitrógeno de las cañales. Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros 15, 16 y 17. La adición de DL-metionina y L-treonina, solas o en combi-

CUADRO 15

SUPLEMENTACIÓN DE AMINOÁCIDOS A DIETAS DE TRITICALE CON 10% DE PROTEÍNA Y SU EFECTO SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE RATAS DESTETADAS^a (44)

<i>Experimento:</i>	1	2	3
<i>Triticale</i>	6-A-298	G-12-131	304
<i>Aminoácido</i>	<i>g</i>	<i>g</i>	<i>g</i>
Ninguno	2.6 ± .3 ^b	3.0 ± .1 ^b	2.37 ± .19 ^b
Metionina	2.5 ± .1 ^b	3.1 ± .2 ^b	2.26 ± .18 ^b
Treonina	2.8 ± .2 ^b	3.2 ± .1 ^b	2.46 ± .07 ^b
Lisina	3.8 ± .4 ^{b,c}	5.0 ± .2 ^c	3.23 ± .31 ^{b,c}
Met + tre	2.5 ± .2 ^b	3.1 ± .1 ^b	2.19 ± .12 ^b
Met + lis	3.9 ± .2 ^{b,c}	4.9 ± .2 ^c	2.83 ± .21 ^{b,c}
Tre + lis	5.2 ± .2 ^c	6.2 ± .2 ^d	4.17 ± .14 ^c
Met + tre + lis	5.6 ± .2 ^c	6.7 ± .2 ^e	4.35 ± .34 ^c
Cinco aminoácidos <i>g</i>	5.8 ± .2 ^c	6.7 ± .2 ^e	
Control ^h	7.2 ± .2 ^d	7.3 ± .31	

a Media ± desviación estándar.

b, c, d, e, f Para cada columna, valores con la misma literal no difieren significativamente ($P \geq .05$).

g Metionina, treonina, lisina, isoleucina y valina. en el experimento 1; metionina, treonina, lisina, leucina y valina en el experimento 2.

h Dieta control con 14.4% de proteína, a base de maíz y pasta de soya.

nación, no tuvo un efecto significativo ni en la ganancia promedio diaria de peso ni en la relación alimento/ganancia, al compararse con la dieta no suplementada. Sin embargo, la ganancia corporal de nitrógeno (cuadro 17) de las ratas alimentadas con estos aminoácidos fue significativamente más baja que la de los tratamientos en que ninguno o uno de éstos fue suplementado. En el caso del triticale *G-12-131*, la adición de metionina y treonina, solas o en combinación,

CUADRO 16

SUPLEMENTACIÓN DE AMINOÁCIDOS A DIETAS DE TRITICALE CON 10% DE PROTEÍNA, Y SU EFECTO SOBRE LA RELACIÓN ALIMENTO/GANANCIA, DE RATAS DESTETADAS^a (44)

Experimento:	1	2	3
Triticale	6-A-298	G-12-131	.304
Amitíoácidos	g	g	g
Ninguno	5.2 ± .22 ^b	5.1 ± .14 ^b	5.01 ± .25 ^b
Metionina	5.4 ± .18 ^b	5.0 ± .09 ^{bc}	5.03 ± .31 ^b
Treonina	5.2 ± .13 ^b	4.9 ± .17 ^c	4.72 ± .18 ^b
Lisina	4.1 ± .24 ^{bc}	3.7 ± .10 ^d	3.92 ± .13 ^{bc}
Met + tre	5.4 ± .05 ^b	4.8 ± .06 ^e	4.79 ± .14 ^b
Met + lis	4.1 ± .10 ^{be}	3.7 ± .13 ^d	4.16 ± .13 ^b
Tre + lis	3.3 ± .09 ^e	3.1 ± .07 ^e	3.33 ± .08 ^{cd}
Met + tre + lis	3.1 ± .04 ^e	2.8 ± .06 ^f	3.05 ± .06 ^d
Cinco aminoácidos g	3.1 ± .10 ^e	2.8 ± .02 ^f	
Control h	2.7 ± .04 ^d	2.6 ± .08 ^f	

a, b, c, d, f, g, h Véase el cuadro 15

disminuyó la ganancia corporal de nitrógeno con respecto a la dieta control no suplementada. Estas observaciones sugieren la posibilidad de que, aunque el promedio de ganancia y la conversión no fueron estadísticamente diferentes, hubo diferencia en la composición corporal producida. La suplementación con L-lisina en los tres experimentos pareció mejorar tanto el crecimiento como la conversión alimenticia, pero las diferencias fueron significativas solamente en un experimento. La adición de DL-metionina a la dieta suplementada

CUADRO 17

SUPLEMENTACIÓN DE AMINOÁCIDOS A DIETAS DE TRITICALE CON 10% DE PROTEINAY SU EFECTO SOBRE LA GANANCIA CORPORAL DE NITRÓGENO, DE RATAS DESTETADAS ^a (44)

<i>Experimento:</i>	1	2
<i>Triticale</i>	6-A-298	G-12-131
<i>Aminoácidos</i>	g	g
Ninguno	0.73 ± .04 ^c	1.29 ± .07 ^b
Metionina	0.79 ± .05 ^c	0.87 ± .08 ^b
Treonina	0.87 ± .09 ^c	0.90 ± .06 ^b
Lisina	1.36 ± .07 ^d	1.94 ± .11 ^c
Met + tre	0.52 ± .10 ^b	1.03 ± .07 ^b
Met + lis	1.42 ± .09 ^d	1.90 ± .08 ^c
Tre + lis	1.87 ± .08 ^e	2.22 ± .06 ^c
Met + tre + lis	1.90 ± .06 ^e	2.61 ± .09 ^c
Cinco aminoácidos _g	2.18 ± .06 ^e	2.77 ± .07 ^c
Control ^h	3.03 ± .14 ⁱ	2.80 ± .10 ^c

a. b. e. d. f g h Véase el cuadro 15.

con L-lisina no mejoró su calidad, pero la suplementación con L-treonina tuvo un efecto positivo que fue otra vez significativo en sólo un experimento. Cuando los tres aminoácidos fueron combinados, tuvo lugar un ligero incremento en el crecimiento y la conversión alimenticia; sin embargo, este efecto fue estadísticamente significativo sólo para el caso del triticale G-12-131. La adición de dos aminoácidos más (L-isoleucina y L-valina al triticale 6-A-298; y L-leucina y L-valina al triticale G-12-131) no causó ninguna respuesta comparada con la suplementación de lisina, treonina y metionina. En estos experimentos, la dieta control maíz-soya dio por resultado un crecimiento significativamente mejor que cualquiera de las dietas de triticale. La ganancia corporal de nitrógeno también siguió esta misma tendencia. Las respuestas obtenidas con la adición de L-lisina, sola o en combinación, sugieren que lisina es el primer aminoácido limitante del triticale para la rata en crecimiento. La interacción significativa encontrada entre lisina x treonina, indica categóricamente que treonina es el segundo aminoácido limitante en el triticale para la rata.

4. *Efecto de la adición de L-lisina y L-treonina a dietas de triticale, con 14.4% de proteína, para ratas (44)*

Se utilizaron 55 ratas con un peso promedio inicial de 59.2 g, las cuales fueron alojadas individualmente, para su estudio de 17 días. Los tratamientos consistieron en la suplementación de dietas con 96% de triticale, con tres niveles de lisina y dos niveles de L-treonina (cuadro 18). Se emplearon las líneas 6-A-298 y G-12-131. Se incluyó un tratamiento adicional que consistió en una dieta control maíz- soya. Cada tratamiento se ofreció por quintuplicado en un diseño en bloques al azar. Todas las dietas se calcularon a 14.4% de proteína. La adición de L-lisina mejoró la ganancia diaria de peso y la relación alimento/ganancia en ambos triticales (cuadro 18). Las diferencias fueron estadísticamente significativas, excepto la GDP de las ratas alimentadas con el triticale 6-A-298. Cantidades adicionales de L-lisina (25% mayor que el requerimiento) no mejoraron los resul-

CUADRO 18

EFFECTO DE ADICIONAR L-LISINA Y/O L-TREONINA, A DIETAS CON 14.4% DE PROTEÍNA, A BASE DE TRITICALE, PARA RATAS DESTETADAS ^a (44)

<i>Triticale</i>	<i>Aminoácido</i>	<i>%</i>	<i>Ganancia diaria, g</i>	<i>Alimento/ganancia</i>
6-A-298	Ninguno		4.2 ± .26 ^b	3.7 ± .04 ^b
	Lisina	0.17	5.0 ± .33 ^{b^e}	2.9 ± .08 ^{e^d}
	Lisina	0.34	4.9 ± .22 ^{b^e}	3.1 ± .08 ^e
	Lis + tre	0.17 + 0.12	6.1 ± .24 ^d	2.7 ± .06 ^d
	Lis + tre	0.34 + 0.12	5.7 ± .32 ^{e^d}	2.7 ± .07 ^d
G-22-131	Ninguno		4.4 ± .23 ^b	3.7 ± .11 ^b
	Lisina	0.28	6.2 ± .25 ^d	2.8 ± .11 ^d
	Lisina	0.45	6.5 ± .20 ^d	2.6 ± .10 ^d
	Lis + tre	0.28 + 0.12	6.5 ± .26 ^d	2.7 ± .04 ^d
	Lis + tre	0.45 + 0.12	6.3 ± .19 ^d	2.7 ± .04 ^d
Control			6.7 ± .35 ^d	2.6 ± .07 ^d

a Media ± desviación estándar.

b, c, d Para cada columna, valores con la misma literal no difieren estadísticamente ($P \geq .05$).

tados citados. Se encontró respuesta significativa a la adición de L-treonina solamente en el caso del triticales 6-A-298. La dieta con el triticales G-12-131 y L-lisina ocasionó un crecimiento similar al de la dieta control maíz-soya. Este último dato indica que el triticales suplementado con lisina puede reemplazar satisfactoriamente todo el maíz y la pasta de soya de la dieta, lo que podría ser importante desde el punto de vista práctico, sobre todo en aquellas especies animales en que el requerimiento de proteína durante ciertas fases del desarrollo no es tan alto como el de animales jóvenes en crecimiento.

5. *Efecto de la suplementación de L-lisina en dietas triticales-soya, para pollos (4)*

Se emplearon 180 pollos de engorda sin sexar, de una semana de edad; las aves se distribuyeron en grupos de 10 pollos cada uno y se alojaron en pisos de criadoras eléctricas. Cada tratamiento se ofreció por triplicado. El diseño experimental fue completamente al azar. La duración de este estudio fue 21 días. Los tratamientos estudiados fueron seis y consistieron en la suplementación de L-lisina a dietas triticales-pasta de soya con 20% de proteína. Los niveles de L-lisina suplementados a la dieta base de triticales (0.97% de lisina) fueron: 0.0, 0.05, 0.10, 0.15 y 0.20%. Además se utilizó una dieta testigo sorgo-pasta de soya con el mismo porcentaje de proteína. Los pollos alimentados con las dietas de triticales presentaron heces pastosas a lo largo del experimento, fenómeno que no aconteció en las aves del tratamiento testigo. También se presentó empastamiento del pico en algunos pollos alimentados con dietas a base de triticales-soya; esto posiblemente se debió a la consistencia de las dietas, ya que el triticales quedó muy fino al molerlo, y al ser consumido formó una pasta que se incrustó en el pico de las aves. Los resultados promedio obtenidos en 21 días se presentan en el cuadro 19. Se encontró un efecto benéfico ($P > .05$) en ganancia de peso y conversión alimenticia, a la suplementación de lisina. Las dietas triticales-soya suplementadas con lisina produjeron ganancias de peso y conversiones alimenticias superiores a las de las dietas base y testigo. El mejor nivel de suplementación de lisina fue de 0.10%. Este nivel de suplementación, más lo proporcionado por la dieta base, representa un contenido total en la dieta de 1.07%, nivel ligeramente inferior al requerimiento fijado por el NRC (24-) de 1.1%, para dietas con 20% de proteína. Por otra parte, los resultados indican que el triticales puede

substituir satisfactoriamente al sorgo y a una parte de la pasta de soya de la dieta para pollos, si la dieta es suplementada con lisina.

CUADRO 19

EFFECTO DE LA ADICION DE L-LISINA, A DIETAS A BASE DE TRITICALE y PASTA DE SOYA, CON 20% DE PROTEÍNA, PARA POLLOS EN INICIACIÓN (4)

<i>Lisina, %</i>	<i>Ganancia total, g</i>	<i>Alimento/ganancia</i>
Testigo <i>a</i>	209.3 ^c	2.49 ^c
0	215.4 ^{cd}	2.42 ^{cd}
0.05	245.7 ^{bd}	2.31 ^{bd}
0.10	261.4 ^b	2.22 ^b
0.15	260.9 ^b	2.19 ^b
0.20	252.6 ^b	2.24 ^b

a Sorgo-pasta de soya.

b, c, d Para cada parámetro, valores con la misma literal no son estadísticamente diferentes ($P \geq .05$).

6. *Efecto de la adición de L-lisina en dietas para pollos a base de triticales como la única fuente de proteína (4)*

Se emplearon 90 pollos de engorda sin sexar, de una semana de edad, con un peso promedio inicial de 72.0 g. Las aves se distribuyeron en grupos de 10 pollos cada, uno y se alojaron en pisos de criadoras eléctricas de batería. Cada tratamiento se ofreció por triplicado. El diseño experimental fue completamente al azar y la duración de este estudio fue de 21 días. Se utilizaron tres tratamientos para observar el efecto de la suplementación de L-lisina en dietas a base de triticales como única fuente de proteína. Los niveles de L-lisina suplementados a la dieta a base de triticales, con 13.5% de proteína, fueron de 0.1, 0.33 y 0.66%. Los pollos presentaron heces pastosas y empastamiento de pico. Los resultados obtenidos en ganancia de peso y conversión alimenticia constan en el cuadro 20. La suplementación de 0.33% de L-lisina a la dieta base mejoró ($P \leq .05$) en un 23% la ganancia de peso de las aves, respecto de los pollos alimentados con la dieta sin suplementar, lo cual sugiere que lisina es el primer aminoácido limitante del triticales.

CUADRO 20

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE L-LISINA, A DIETAS CON 92.3%.
DE TRITICALE, CON 13.5% DE PROTEÍNA, PARA
POLLOS DE 7-28 DÍAS (4)

<i>Lisina, %</i>	<i>Ganancia total, g</i>	<i>Alimento/ganancia</i>
0	120.8 ^a	3.53 ^a
0.33	177.7 ^b	2.70 ^b
0.66	194.7 ^b	2.62 ^b

a, b Valores con la misma literal no son estadísticamente diferentes ($P \geq .05$).

7. *Efecto de la suplementación de DL-metionina en dietas triticales-soya, para pollos (4)*

Ciento cincuenta pollos de engorda sin sexar, de una semana de edad, con un peso promedio inicial de 92.0 g, se distribuyeron en grupos de 10 pollos cada uno y se alojaron en pisos de criadoras eléctricas de batería. Cada tratamiento se ofreció por triplicado y el diseño experimental fue completamente al azar; se estudió el efecto de la suplementación de DL-metionina a dietas triticales-soya con 20%, de proteína, a las cuales se les adiciono 2% de aceite de ajonjolí. Los tratamientos estudiados fueron las suplementaciones de 0.0, 0.20, 0.40 y 0.60% de DL-metionina a la dieta base y un tratamiento testigo con 20% de proteína. La adición de 2% de aceite a las dietas triticales-soya mejoró la textura de las dietas y previno el empastamiento del pico de los pollos. Los resultados promedio obtenidos en 21 días de experimentación se aprecian en el cuadro 21. No se encontró diferencia significativa ($P \geq .05$) entre tratamientos en lo referente a ganancia de peso y conversión alimenticia. A medida que se incrementó el nivel de DL-metionina en la dieta base, la ganancia de peso tendió a disminuir; esta misma tendencia se observó en el consumo de alimento, posiblemente debido á un desequilibrio de aminoácidos. No se encontró diferencia estadística ($P \geq .05$) entre la dieta testigo y las dietas triticales-soya en ganancia de peso; sin embargo, el peso de las aves del tratamiento testigo tendió a ser superior. Los resultados de este estudio indican que el triticale contiene cantidades de metionina + cistina que satisfacen los requerimientos de estos aminoácidos azufrados, para pollitos en iniciación.

CUADRO 21

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE DL-METIONINA, A DIETAS A BASE DE TRITICALE y PASTA DE SOYA, CON 20% DE PROTEÍNA, PARA POLLOS EN INICIACIÓN (4)

<i>Metionina, %</i>	<i>Ganancia total, g b</i>	<i>Alimento/ganancia b</i>
Testigo <i>a</i>	351.5	2.14
0	312.1	2:12
0.2	309.7	2.16
0.4	297.8	2.11
0.6	294.4	2.16

a Sorgo-pasta de soya.

b No hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($P > .05$).

8. *Efecto de la adición de L-triptofano o DL-metionina, en dietas a base de triticale, para pollos en iniciación (26)*

Se utilizaron 168 pollos de engorda de una semana de edad, los cuales se alojaron en criadoras eléctricas de batería. La duración del experimento fue 14 días y se estudiaron las adiciones de 0, .03, .06 y .09% de DL-metionina o L-triptofano, a una dieta que contenía triticale suplementado con lisina, como la única fuente de proteína. Tres repeticiones de ocho pollos se utilizaron por cada tratamiento. Se encontró una disminución significativa en el crecimiento (cuadro 22) y en el consumo de alimento con todos los diferentes niveles de triptofano adicionado, debido posiblemente a un desequilibrio de aminoácidos. No se encontró efecto ($P \geq .05$) a la suplementación de metionina. Los resultados obtenidos indican que las cantidades de triptofano y metionina en el triticale son suficientes para llenar los requerimientos de estos aminoácidos para pollitos alimentados con dietas que contienen 13.5% de proteína.

CUADRO 22.

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE L-TRIPTOFANO O DL-METIONINA, A DIETAS CON 90.5% DE TRITICALE; CON 12.5% DE PROTEÍNA, PARA POLLOS EN INICIACIÓN (26)

<i>Aminoácido</i>	<i>%</i>	<i>Ganancia total, g</i>	<i>Alimento/ganancia</i>
Ninguno		267.0 ^a	2.49 ^a
Triptofano	0.03	238.4 ^b	2.68 ^a
Triptofano	0.06	245.4 ^b	2.56 ^a
Triptofano	0.09	233.6 ^b	2.66 ^a
Metionina	0.03	264.6 ^a	2.55 ^a
Metionina	0.06	265.0 ^a	2.61 ^a
Metionina	0.09	254.7 ^a	2.58 ^a

a, b Valores con la diferente literal son significativamente desiguales ($P \leq .05$).

9. *Efecto de la suplementación de L-treonina o L-valina a dietas a base de triticale, para pollos en iniciación (27).*

Ciento sesenta y ocho pollos de engorda, de una semana de edad, se distribuyeron en 21 grupos de 8 pollos cada uno. Las aves se alojaron en criadoras eléctricas de batería durante 14 días. El efecto de la adición de niveles de 0, .02, .04 y .06% de L-treonina o L-valina fue estudiado en dietas a base de triticale suplementado con L-lisina; cada tratamiento se ofreció por triplicado. Los resultados obtenidos pueden verse en el cuadro 23. Se encontró un incremento lineal significativo en ganancia de peso a la adición de treonina; la ganancia de peso aumentó al incrementar el nivel de treonina en la dieta. El mismo efecto fue observado en la eficiencia alimenticia y estos resultados indican que el triticale no contiene suficiente treonina. La suplementación de L-valina a la dieta no tuvo ningún efecto ($P \geq .05$) en el crecimiento o la eficiencia alimenticia. Con base en estos resultados treonina es el segundo aminoácido limitante en dietas de triticale, para el pollo en crecimiento.

CUADRO 23

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE L-TREONINA O L-VALINA, A DIETAS CON 90.5% DE TRITICALE, CON 13.57% DE PROTEÍNA, PARA POLLOS EN INICIACIÓN (27)

Aminoácido	%	Ganancia total, g	Alimento/ganancia
Ninguno		175.0 ^a	2.95 ^a
Treonina	0.02	182.9 ^b	2.89 ^b
Treonina	0.04	190.0 ^c	2.86 ^c
Treonina	0.06	206.7 ^c	2.49 ^d
Valina	0.02	171.6 ^a	2.99 ^a
Valina	0.04	170.6 ^a	2.98 ^a
Valina	0.06	187.7 ^a	2.80 ^{ab}

a, b, c, d Para cada parámetro, valores con diferente literal son significativamente desiguales ($P \leq .05$).

10. *Efecto de la adición de L-treonina a dietas con triticale como única fuente de proteína (27)*

Ciento veinte pollos de engorda de una semana de edad, sin sexar, fueron utilizados en un experimento completamente al azar, de 14 días de duración. Las aves se alojaron en pisos de criadoras eléctricas de batería. Cada tratamiento se efectuó por triplicado, empleando 8 aves por grupo. Niveles de 0, 0.25, 0.059, 0.075 y 0.100% de L-treonina fueron suplementados a una dieta base que contenía triticale suplementando con L-lisina como única fuente de proteína (12.15%). Los resultados obtenidos (cuadro 24) muestran que existe diferencia significativa entre tratamientos ($P \leq .05$) en ganancia de peso. Las suplementaciones de treonina a la dieta base dieron lugar a un mayor peso de las aves ($P \leq .05$). Estos datos indican que treonina es limitante en el triticale para pollos en iniciación.

11. *Efecto de la suplementación de L-treonina, en dietas triticale-soya con 20% de proteína, para pollos (21)*

Se utilizaron setenta y dos pollos de engorda de una semana de edad, sin sexar, en un experimento completamente al azar, de 21 días

CUADRO 24

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE L-TREONINA EN DIETAS
CON 81 % DE TRITICALE Y 12% DE PROTEÍNA,
PARA POLLOS DE 7-28 DÍAS (27)

<i>Treonina, %</i>	<i>Ganancia total, g</i>	<i>Alimento/ganancia</i>
	122.4 ^c	2.63 ^a
0.025	138.3 ^a	2.69 ^a
0.050	139.7 ^a	2.63 ^a
0.075	137.1 ^{ab}	2.60 ^a
0.100	134.2 ^b	2.73 ^a

a, b, c Valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

de duración. Las aves se alojaron en pisos de criadoras eléctricas de batería. Cada tratamiento se efectuó por triplicado, empleando ocho aves por grupo. El objeto de este experimento fue estudiar el efecto de la suplementación de L-treonina en dietas triticales-soya con 20% de proteína. Los niveles de L-treonina, adicionados fueron: 0, 0.02 y 0.04%. Los resultados promedio obtenidos se pueden observar en el cuadro 25. No se encontró diferencia estadística ($p \geq .05$) entre tratamientos en ganancia de peso o conversión alimenticia; sin embargo, puede apreciarse que la ganancia de peso de las aves tendió a incrementarse con la adición de L-treonina. Estos datos sugieren que la treonina puede ser marginal en las dietas triticales-soya.

CUADRO 25

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE L-TREONINA EN DIETAS
TRITICALE-SOYA, CON 20% DE PROTEÍNA,
PARA POLLOS DE 7-28 DÍAS (27)

<i>Aminoácido</i>	<i>%</i>	<i>Ganancia total, g^a</i>	<i>Alimento/ganancia^a</i>
Ninguno		212.7	2.36
Treonina	0.02	254.4	2.38
Treonina	0.04	240.9	1.93

a Diferencias no significativas ($P \geq .05$).

12. *Efecto de la adición de L-treonina en dietas triticale-soya, para gallinas en postura.* (27).

Ochenta gallinas de una línea comercial Leghorn, de 52 semanas de edad, fueron alimentadas con una dieta a base de triticale-soya con 16.3% de proteína, suplementada con 0 y 0.025% de L-treonina; se utilizó como dieta testigo una ración sorgo-soya con la misma cantidad de proteína. Los tratamientos incluyeron cuatro repeticiones de cinco aves cada una. Los resultados de 56 días de experimentación aparecen en el cuadro 26. El porcentaje de postura, la eficiencia del alimento y el peso del huevo, con las dietas de triticale, no fueron significativamente diferentes del tratamiento testigo (sorgo-soya), aunque en los tratamientos con triticale los parámetros se redujeron (no obstante el contenido de aceite de cártamo y lisina en estas dietas). La suplementación de L-treonina tendió a mejorar la producción de huevo y la eficiencia alimenticia, pero no estadísticamente, lo que sugiere que en dietas triticale-soya, existe otro aminoácido que limita una alta producción de huevo.

CUADRO 26
EFECTO DEL EMPLEO DE TRITICALE Y LA ADICIÓN DE L-TREONINA, A DIETAS CON 16.5% DE PROTEÍNA, PARA GALLINAS EN POSTURA (27)

<i>Tratamientos</i>	<i>Porcentaje de postura</i>	<i>Peso del huevo, g</i>	<i>Consumo de alimento, kg</i>	<i>kg alimento kg Huevo</i>
Sorgo-soya	71.9 ^a	60.4 ^a	6.672 ^a	2.72 ^a
Triticale-soya	60.2 ^a	58.5 ^a	5.390	2.80 ^a
Triticale + .025% de treonina	64.1 ^a	58.7 ^a	5.790 ^b	2.76 ^a

a, b Valores con diferente literal son, estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

13. *Efecto de la adición de L-lisina a dietas con 96% de triticales, para cerdos en crecimiento (41)*

Se emplearon doce cerdos destetados *Duroc*, seis hembras y seis machos, con un peso promedio inicial de 12.2 kg, los cuales fueron alojados en 12 corraletas individuales de 1 x 2 m. El experimento tuvo por objeto observar el efecto de la adición de L-lisina HCl (0, 0.09 y 0.16%) a una dieta base con 96% de triticales. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos, cada uno por cuadruplicado. La duración de este estudio fue de 56 días. Las ganancias promedio diarias y las relaciones alimento/ganancia obtenidas pueden verse en el cuadro 27. Se encontró una respuesta lineal significativa ($P \leq .05$) en ganancia de peso, a la adición de L-lisina al triticales. De igual manera, la eficiencia alimenticia mejoró con la adición de lisina, aunque no se encontró diferencia estadística entre tratamientos. Estos resultados indican que si bien el contenido de lisina en el triticales es alta, puede no ser adecuado o no estar disponible para llenar los requerimientos de cerdos destetados.

CUADRO 27

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE L-LISINA, A DIETAS CON 96% DE TRITICALES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO (41)

	<i>Por ciento de lisina suplementada</i>			
	0	0.08	0.16	D.E.
Ganancia diaria, ^a g	252	306	405	80
Alimento/ganancia	3.88	3.57	3.10	0.01

^a Respuesta lineal significativa ($P \leq .05$).

14. *Efecto de la adición de L-lisina y/o DL-metionina a dieta con 96% de triticales, para cerdos en crecimiento(41)*

Dieciséis cerdos destetados Hampshire, ocho hembras y ocho machos, con un peso promedio inicial de 12.3 kg, se distribuyeron en 16 corraletas individuales de 1 x 2 m. Se administraron dietas con

y sin la adición de 0.16% de L-lisina HCl y 0.10% de DL-metionina en un arreglo factorial 2 x 2 con cuatro repeticiones. Los aminoácidos se adicionaron a una dieta base con 96% de triticale. Los resultados de 56 días aparecen en el cuadro 28. La adición de L-lisina resultó en un incremento altamente significativo ($P \leq .01$) en la ganancia diaria de peso y la relación alimento/ganancia. La suplementación de DL-metionina no tuvo ningún efecto significativo en el crecimiento; la adición de únicamente DL-metionina dio por resultado una ligera depresión del crecimiento de la conversión alimenticia, en relación con la dieta sin suplementación de aminoácidos.

Cuando se adicionaron lisina y metionina, la ganancia de peso aumentó; sin embargo, el efecto no fue estadísticamente significativo. Es probable que el contenido de aminoácidos azufrados en el triticale sea mayor que el utilizado para el cálculo de las dietas. Estos datos indican que lisina es el primer aminoácido limitante en el triticale.

CUADRO 28

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE L-LISINA Y/O DL METIONINA, A
DIETAS CON 96% DE TRITICALE, PARA CERDOS
EN CRECIMIENTO (41)

L-lisina suplementada, %	0	0	0.16	0.16	
					D.E.
DL-Metionina suplementada, %	0	0.1	0	0.1	
Ganancia diaria g	239a	226 ^a	302 ^b	346 ^b	41.6
Alimento/ganancia	4.88	5.09	3.50	3.54	0.48

a, b Valores con diferente literal, son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

15. *Adición de aminoácidos a dietas de triticale, para el cerdo en Crecimiento (41)*

Se utilizaron 48 cerdos, mitad hembras y mitad machos, con un promedio inicial de 12.1 kg; fueron alojados en corraletas individuales. Los tratamientos, experimentales fueron distribuidos a partir de un factorial incompleto 4 x 4; en esta forma se obtuvieron ocho tratamientos. Los niveles de lisina y metionina integrantes del factorial fueron para lisina: 0, 0.134, 0.268 y 0.402 %; para metionina:

0, 0.068, 0.137 y 0.205%. De las combinaciones seleccionadas para los tratamientos experimentales se aplicaron los siguientes valores de lisina y metionina: 0, 0; 0, 0.137; 0.134, 0.068; 0.134, 0.205; 0.268, 0; 0.268, 0.137; 0.402, 0.068; 0.402, 0.205% de lisina y metionina, respectivamente. Los aminoácidos fueron añadidos a una dieta que contenía 95% de triticale adicionada con minerales y vitaminas. La dieta que no contenía lisina suplementaria produjo una ganancia diaria de peso de aproximadamente 0.150 kg, mientras que las dietas con 0.134% de lisina arrojaron ganancias diarias, de peso de 0.220 kg, aproximadamente. La adición de niveles de 0.268% de lisina sin metionina suplementaria produjo ganancias de peso de 0.263 kg. Mayores niveles de lisina suplementaria (0.402%) no repercutieron en mejores ganancias de peso (0.272 y 0.257 kg). La eficiencia alimenticia siguió sensiblemente la misma tendencia que la ganancia diaria de peso. Los niveles de lisina suplementaria ideales para permitir una máxima ganancia de peso, con dietas constituidas por triticale, fueron calculados en 0.358%. No se encontró respuesta estadísticamente significativa, ($P \geq .05$), a la adición de DL-metionina; sin embargo, en dos casos la adición de este aminoácido mejoró ligeramente, aunque no en forma estadística, las ganancias de peso y las conversiones alimenticias. Estos resultados indican que es posible que el triticale tenga mayores cantidades de metionina (+ cistina) que los encontrados originalmente, e indican también que la adición de lisina mejoró considerablemente la ganancia diaria de peso.

16. Efecto de la suplementación de L-lisina y L-treonina en dietas con 96.8 % de triticale 304, para cerdos (44).

Veinticuatro cerdos -12 hembras y 12 machos-, con un peso promedio inicial de 16.2 kg, se emplearon en un estudio de 28 días. Dietas que contenían 96.8% de triticale 304 fueron suplementadas con 0.3% de L-lisina y/o 0.2% de DL-treonina, en un arreglo factorial 2 x 2 con tres repeticiones. Los cerdos fueron distribuidos al azar por pares (un macho y una hembra) en corraletas de piso de concreto de 1.2 x 2.4 m. Aunque los cerdos no alcanzaron el peso esperado probablemente debido a una contaminación con cornezuelo, los resultados obtenidos (cuadro 29) muestran que la suplementación de DL-treonina sola no tuvo ningún efecto en el crecimiento de los cerdos, al compararlos con los animales testigo no suplementados. La adición de L-lisina mejoró significativamente el crecimiento de los cerdos y la

adición de treonina a las dietas con lisina mejoró más ($P \leq .05$) esta respuesta. La interacción tratamiento x sexo no fue significativa. Las eficientes alimenticias tuvieron ($P \leq .05$) la misma respuesta observada en ganancias de peso. Estos datos demuestran que lisina y treonina son el primero y segundo aminoácidos limitantes de la proteína del triticale, para el cerdo en crecimiento.

CUADRO 29

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DEL TRITICALE 304, CON L-LISINA Y DL-TREONINA EN DIETAS PARA CERDOS EN CRECIMIENTO^a (44)

Aminoácido	%	Ganancia diaria, ^b g	Alimento/ ganancia ^b
Ninguno		59 ± 6 ^e	8.44 ± .34 ^c
DL-Treonina	0.2	57 ± 5 ^e	8.10 ± .27 ^e
L-lisina	0.3	130 ± 9 ^d	5.75 ± .35 ^d
Tre + lis	0.2 + 0.3	201 ± 1 ^e	3.73 ± .01 ^e

a Dietas con 96.8% de triticale.

b Media ± desviación estándar.

c, d, e Para cada columna, valores con la misma literal no difieren estadísticamente ($P > .05$).

Conclusiones

Las claras respuestas obtenidas con la adición de L-lisina, sola o en combinación con otros aminoácidos, demuestran que éste es el primer aminoácido limitante del grano para la rata, el pollo y el cerdo.

Treonina es el segundo aminoácido limitante en la proteína del triticale, de acuerdo con las observaciones realizadas en ratas, pollos y cerdos.

La cantidad de metionina y cistina que contiene el triticale parece ser adecuada para el pollo y adecuada o marginal para la rata y el cerdo en crecimiento, a juzgar por los pequeños pero no significativos incrementos en peso.

Para la gallina en postura, además de lisina y treonina, primero y segundo aminoácidos limitantes del triticale, se piensa que existe

otro aminoácido que limita una alta producción de huevo en dietas triticale-soya.

En general, los resultados obtenidos son de importancia para aquellas etapas en las cuales el requerimiento proteico de los animales no es muy elevado, ya que indican la factibilidad de emplear triticale suplementado con lisina, minerales y vitaminas, como único alimento para dichos animales, pudiéndose obtener resultados comparables a los logrados con dietas convencionales de sorgo-suplemento proteico.

V. Estudios sobre la digestibilidad del triticale

La gran mayoría de los estudios sobre el valor nutritivo del triticale se han realizado ya sea comparándolo con otros cereales o determinando la limitación de aminoácidos de su proteína. Existe, sin embargo, muy poca información sobre la digestibilidad de su proteína, aminoácidos y energía, Bragg y Sharby (8) emplearon el método de análisis de materia fecal para determinar la disponibilidad de la lisina del triticale para el pollito y concluyeron que el 93.4% del aminoácido aportado por el cereal híbrido es digerible. En experimentos con aves, se ha demostrado que la energía metabolizable del triticale es similar a la del trigo (8, 39, 40, 49); en el caso de cerdos, la energía metabolizable del triticale es similar a la de trigo, inferior a la de maíz y superior a la de cebada (13).

Se condujeron nueve experimentos con el objeto de determinar la digestibilidad del nitrógeno, la lisina y la energía del triticale. Los dos primeros nutrientes fueron estudiados con ratas, mientras el resto fue experimentado, además, con pollos, cerdos y por métodos de laboratorio.

1. *Digestibilidad aparente de la proteína del triticale para la rata en crecimiento (35).*

Treinta ratas albinas machos con un peso promedio inicial de 50 g se repartieron en cinco lotes de seis ratas y se colocaron individualmente en jaulas metabólicas, ofreciendo a cada lote una línea diferente de triticale. Los resultados de 28 días de experimentación se muestran en el cuadro 30. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína obtenidos de las ratas alimentadas con triticales fluctuaron entre 84.4 y 86.9% y no se correlacionaron con la retención de nitrógeno ni con el contenido de lisina de los granos.

CUADRO 30

RETENCIÓN DEL NITRÓGENO Y DIGESTIBILIDAD APARENTE DE LA
PROTEÍNA DE CINCO LÍNEAS DE TRITICALE
PARA LA RATA (35)

	<i>Triticale</i>					
	<i>Testigo</i> ^a	108	120	62	244	95
Ret. de nitrógeno, %	71.7 ^a	65.3 ^a	57.8 ^b	60.9 ^b	54.5 ^b	51.9 ^b
Digest. aparente, %	95.6 ^a	86.9 ^a	84.4 ^b	85.7 ^b	85.9 ^b	85.3 ^b

a, b Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq 0.05$). Los coeficientes de variación fueron de 6.00 a 6.58%, respectivamente.

2. *Disponibilidad de la lisina del triticale
para la rata en crecimiento (46)*

Veinte ratas con peso promedio inicial de 60.4 g, y diez ratas con peso promedio inicial de 52.7, g fueron empleadas para dos experimentos respectivamente. Los animales utilizados fueron machos albinos de la cepa Sprague-Dawley. Las raciones a base de triticale fueron administradas por un periodo de adaptación con duración de doce días, seguido de un periodo de recolección de materia fecal con duración de siete días. A continuación, los animales recibieron una dieta libre de proteína durante siete días: tres de adaptación y cuatro de recolección fecal. Las heces fueron recolectadas diariamente y congeladas a 10° C para su análisis posterior. Las muestras de excreta fueron desecadas a 40° C por 72 horas, molidas y alícuotas de cada dos ratas fueron mezcladas para la determinación de lisina por cromatografía de intercambio iónico. La disponibilidad de lisina fue determinada según el método descrito por DeMuelenaere y Feldman (17). Los resultados de ambos experimentos se presentan en el cuadro 31. El crecimiento de las ratas alimentadas con las diferentes líneas de triticale aparenta ser independiente tanto de la lisina total de las dietas como del porcentaje de disponibilidad del aminoácido. El triticale 6-A-298 aportó una mayor cantidad de lisina en la dieta que el triticale G-12-131 y también mostró un porcentaje de disponibilidad significativamente mayor (88.4 vs. 81.5). Sin embargo, la ganancia

diaria de las ratas alimentadas con el grano G-12-131 (3.10 g/día) fue significativamente mayor que la de los animales que recibieron el triticale 6-A-298 (2.56 g/día) ($P \leq .05$). La diferencia en tasa de crecimiento obtenida con estas líneas particulares de triticale fue observada anteriormente por Shimada *et al.* (43), quienes compararon ambos granos como la única fuente de proteína dietal (14.4%) y observaron que las ratas alimentadas con G-12-131 crecieron significativamente mejor (4.3 vs. 3.4 g/día) y más eficientemente (3.9 vs. 4.5 alimento/ganancia) que las ratas alimentadas con el grano 6-A-298. Basados en los últimos resultados se pensó originalmente, que la diferencia en crecimiento se debía probablemente a una simple diferencia en la cantidad de lisina disponible de los triticales. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente experimento indican que la disponibilidad de lisina no fue la causa de tales observaciones. Aunque los experimentos no fueron llevados a cabo simultáneamente, se observó que cuando se determinó la disponibilidad de la lisina del triticale 304, las ratas en dicha dieta crecieron solamente la mitad de lo que aumentaron las ratas alimentadas con triticale G-12-131 en el primer experimento, a pesar de que ambos granos aportaron casi la misma cantidad de lisina total (2.88 vs. 2.83 g/16 g N) y disponible (2.35 vs. 2.20 g/16g N), resultado que probablemente refleja el efecto de otros factores no medidos en este trabajo.

CUADRO 31

CRECIMIENTO Y PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE LISINA
EN TRES LÍNEAS DE TRITICALE PARA LA RATA (46)

	6-A-298 ^a	<i>Triticale</i> G-12-131 ^a	304 ^b
Lisina dietal (g/16 g N)	3.60	2.88	2.83
Ganancia promedio diaria, g	2.56 ^c	3.10 ^d	1.68
Alimento/ganancia	5.04 ^c	4.72 ^c	5.80
Disponibilidad de lisina, %	88.40 ^c	81.50 ^d	77.70

a Experimento 1

b Experimento 2

c, d Para cada parámetro, valores con la misma letra no difieren estadísticamente ($P \geq .05$).

3. *Energía metabolizable del triticale para la rata* (45)

Se emplearon quince ratas machos (Sprague-Dawley), con un peso promedio inicial de 97.6 g, las cuales se alojaron individualmente en jaulas metabólicas. Grupos de cinco ratas fueron repartidas de acuerdo a un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones, y fueron alimentadas ya sea con la ración de referencia, o con raciones a base de maíz o triticale. Los animales fueron alimentados a libertad durante catorce días: siete de ajuste y siete de recolección total de heces y orina. Las muestras fueron procesadas de acuerdo a los procedimientos descritos en el capítulo de material y métodos generales. La energía metabolizable de las dietas fue calculada de acuerdo a la ecuación descrita por May y Nelson (30). La energía metabolizable de los granos fue entonces estimada por medio de la ecuación de Potter y Matterson (7). El cuadro 32 resume los datos de crecimiento y de energía metabolizable obtenidos. Las ratas alimentadas a base de los granos aumentaron de peso más rápidamente que las alimentadas con la dieta de referencia, siendo el triticale inferior al maíz. Sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P \geq .05$). Los resultados observados pudieron haberse debido a simples diferencias en el contenido y la calidad de la proteína de las dietas. La energía metabolizable del triticale fue significativamente inferior al, valor obtenido para el maíz (3.45 vs. 3.83 kcal/g).

CUADRO 32

CRECIMIENTO Y VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE DE TRITICALE Y MAÍZ PARA RATAS (45)

	DIETA		
	<i>Referencia</i>	<i>Maíz</i>	<i>Triticale 304</i>
Peso inicial, g	98.0	97.4	97.6
Ganancia diaria, g	6.06 ^a	7.11 ^a	6.66 ^a
Alimento/ganancia	2.79 ^a	2.35 ^a	2.43 ^a
Energía bruta ^c		4.32	4.33
Energía metabolizable ^c		3.83 ^a	3.43 ^b

a, b Para cada parámetro, valores con la misma literal no difieren significativamente ($P \geq .05$).

c kcal/g, base seca.

4. *Energía metabolizable del triticales para el pollo (5)*

Para la determinación de la energía metabolizable (E.M.) se siguió el método descrito por Sibbald y Slinger (1963) con algunas modificaciones. Se utilizaron 80 pollitos machos de una línea comercial Leghorn blancos, de dos semanas de edad. A partir de la dieta base (cuadro 33) se determinaron los valores de E.M. de una serie de dietas en las cuales se reemplazaron el 0, 20, 40 y 60% del total de la dieta básica por triticales. Cada dieta experimental se proporcionó por duplicado a grupos de 10 pollos. El valor de energía bruta del triticales fue de 4278 kcal/kg. Su contenido de energía metabolizable, corregido para retención de nitrógeno, se obtuvo de los valores de energía bruta de cada una de las dietas experimentales y de los valores la excreta de las aves alimentadas con esas dietas. Cuando se usaron para el cálculo ecuaciones simultáneas, se obtuvo un valor de 2975 kcal/kg, valor semejante al contenido energético del trigo (2992 kcal/kg) y superior al valor de E.M. del centeno (2855 kcal/kg), ancestros ambos del triticales.

CUADRO 33

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ENERGÍA METABOLIZABLE
DEL TRITICALES PARA EL POLLO, SEGÚN EL MÉTODO
DE SIBBALD Y SLINGER (1963) (47)

<i>Dieta base</i>	%
Sorgo	62.49
Pasta de ajonjolí	19.26
pasta de soya	18.25
Premezcla ^a	+
Energía metabolizable, kcal/g	2.98

^aSibbald y Slinger (47).

5. *Energía metabolizable del triticales para el pollo (45)*

Se emplearon 64 y 32 pollos machos (White Mountain) de una y dos semanas, con un peso promedio inicial de 290.0 y 126.0 g, para dos experimentos, respectivamente. Las aves fueron alimentadas con

raciones conteniendo 22% de proteína, desde que fueron adquiridas hasta el inicio de los estudios. Se asignaron al azar en grupos de cuatro pollos, contándose con cuatro repeticiones por tratamiento. El periodo experimental tuvo una duración de catorce días: siete de adaptación y siete de recolección. Las muestras fueron procesadas de acuerdo a lo descrito en el capítulo de material y métodos generales. La energía metabolizable de las dietas se calculó conforme a la fórmula de Hill y Anderson (21); el valor para los granos fue determinado de acuerdo con la ecuación informada por Potter y Matterson (37). Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 34. En ambos experimentos los pollos alimentados con granos tuvieron ganancias de peso significativamente superiores ($P \leq .05$) en comparación con las aves en la ración de referencia. La relación de alimento/ganancia siguió la misma tendencia, aunque sólo fue significativa en el segundo experimento ($P \leq .05$). Las diferencias notadas pueden atribuirse a un mayor aporte de proteína y en especial de aminoácidos azufrados, en las dietas a base de granos. Aunque los tres estudios tuvieron valores comparables de energía total, la energía metabolizable de los triticales fue significativamente inferior al valor del maíz ($P \leq .05$).

6. Energía metabolizable del triticales para el cerdo (45)

Para este trabajo se emplearon seis machos castrados (cruzados), con un peso promedio inicial de 25.7 kg. Los cerdos fueron alojados individualmente en unidades metabólicas y asignados a los dos tratamientos experimentales conforme a un diseño experimental completamente al azar, con tres repeticiones. Los animales fueron alimentados a libertad con raciones que contenían ya sea triticales o maíz, durante catorce días: siete de adaptación y siete de recolección. Las muestras fueron manejadas de acuerdo a los métodos generales descritos con anterioridad. Los datos de energía metabolizable de este experimento fueron calculados de acuerdo a las ecuaciones descritas por Potter y Matterson (37). Los resultados se muestran en el cuadro 35. Las ganancias obtenidas al emplear ambos granos como únicas fuentes de proteína fueron sumamente pobres, respuesta que era de esperarse ya que las dietas no llenaron los requerimientos proteicos de los cerdos ni cualitativa ni cuantitativamente. La energía metabolizable del maíz fue superior a la del triticales en un 10% aproximadamente.

CUADRO 34

CRECIMIENTO Y VALORES DE ENERGÍA METABOLIZABLE DE TRITICALE DE MAIZ
PARA EL POLLO (45)

<i>Experimento</i>	1				2	
	<i>Referencia</i>	<i>Maíz</i>	<i>Tcl. 6-A-298</i>	<i>G-12-131</i>	<i>Referencia</i>	<i>Tcl. 304</i>
Peso inicial, ^a	294.9	285.4	294.9	288.4	120.4	126.1
Ganancia diaria, g	26.88 ^b	32.94 ^c	36.30 ^c	35.97 ^c	20.60 ^b	27.22 ^c
Alimento/ganancia	1.96 ^b	1.67 ^b	1.58 ^b	1.63 ^b	1.75 ^b	1.50 ^c
Energía bruta ^d	—	4.28	4.23	4.22	—	4.33
Energía metabolizable ^d	—	4.01 ^b	3.65 ^c	3.61 ^c	—	3.38

^a Los pollos del experimento uno tenían dos semanas de edad y del experimento dos, una semana.

^{b, c} En cada experimento y para cada parámetro, valores con la misma literal no difieren significativamente ($P \geq .05$).

^d kcal/g de cereal, base seca.

7.

7. *Energía metabolizable invitro del triticale (45)*

Para este estudio se empleó la ecuación de predicción descrita por Carpenter y Clegg (10) :

$$EM = 53 + 38 (\% \text{ proteína} + 2.25 (\% \text{ grasa}) + 1.1(\% \text{ almidón}) + \% \text{ azúcar})$$

Las semillas fueron analizadas para determinar su contenido de proteína y extracto etéreo (3); asimismo, se determinó su porcentaje de azúcares y almidón conforme al método de Clegg (12) con las siguientes modificaciones:

1. Los extractos fueron diluidos para obtener una concentración final de 50 mcg de glucosa por ml. En el caso del azúcar, la fracción acuosa turbia obtenida después del proceso de evaporación fue diluida a 200 ml con agua destilada. En el caso del almidón, 10ml de extracto filtrado diluidos a 200 ml con agua destilada.

2. Dos mililitros de los extractos diluidos (ya sea azúcar o almidón) fueron mezclados con 1 ml del reactivo de antrona, sin la adición de agua o la solución estándar de glucosa a la mezcla.

3. Se preparó una curva patrón mezclando 2 ml de soluciones que contenía 0, 50, 100 y 200 mg de glucosa, con 1 ml del reactivo a base de antrona.

4. El cálculo de la cantidad de azúcar en los extractos se hizo mediante el uso del valor de k' obtenido por la curva patrón.

Los resultados se presentan en el cuadro 35. Los valores obtenidos mediante la prueba *in vitro* son comparables a aquellos determinados con ratas, ligeramente inferiores a los logrados con pollos y un poco superiores a los obtenidos con cerdos. Sin embargo, los datos confirman la adaptabilidad del método para la determinación de los valores de energía metabolizable del triticale.

Conclusiones

La digestibilidad de la proteína del triticale es alta y fluctúa entre 85 y 87% para la rata en crecimiento.

La disponibilidad de la lisina del triticale es elevada, con valores que varían de 78 a 88%

La energía metabolizable del triticale es similar a los valores existentes para trigo y centeno, e inferior a los de sorgo y maíz.

CUADRO 35

VALORES *IN VIVO* E *IN VITRO* DE ENERGÍA METABOLIZABLE DE TRITICALE Y MAIZ,
PARA RATA, EL POLLO Y EL CERDO ^a (45)

	<i>Maiz</i>		<i>Triticale</i>		
	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>6-A-298</i>	<i>G-12-131</i>	<i>304</i>
Energía bruta	4.28 ± .023	4.32 ± .015	4.23 ± .005	4.22 ± .019	4.33 ± .008
Energía met., ratas	—————	3.83 ± .053	—————	—————	3.43 ± .071
Energía met., pollos	4.01 ± .058	—————	3.65 ± .083	3.61 ± .053	3.38 ± .082
Energía met., cerdos	—————	3.50 ± .034	—————	—————	3.27 ± .110
Energía met., <i>in vitro</i>	—————	—————	3.42	3.52	3.45

^a Todos los valores están expresados en kcal/g de materia seca, y son medias ± desviación estándar.

^b Maíz empleado en el trabajo con pollos.

^c Maíz empleado en el trabajo con ratas y cerdos.

El valor de energía metabolizable obtenido en diferentes animales (rata, pollo, cerdo) y mediante una prueba *in vitro* es similar y fluctúa entre 3.42 y 3.65 kcal/g.

VI. Empleo de aditivos para mejorar el valor alimenticio del triticale

En los experimentos realizados con pollos se observó que las dietas de triticale causaban empastamiento del pico, debido a que al moler el grano, éste queda muy fino. Por otro lado, también se apreciaron heces pastosas en las aves alimentadas con dietas de triticale; de este fenómeno se ha informado cuando se alimenta con cebada (18, 23) y con centeno (32). Por otra parte, (18, 50) se ha informado que con la suplementación de enzimas fungosas o de origen microbial, o mediante el remojado, se reduce el problema de heces pastosas y mejora el valor nutritivo de la cebada para pollitos.

Se condujeron tres experimentos con el fin de estudiar métodos para mejorar el valor alimenticio del triticale para el pollo de engorda.

1. Efecto de la suplementación de aceite en dietas con triticale o trigo para pollos de engorda en iniciación (5)

Se utilizaron 100 pollos de engorda Vantress-cross, de una semana de edad, sin sexar. Las aves se distribuyeron por frecuencia de peso, en grupos de 10 pollos cada uno, y se alojaron en pisos de criadoras eléctricas de batería. Se emplearon cinco tratamientos con dos repeticiones cada uno. Se estudió el efecto de la adición de 0 y 2 % de aceite de ajonjolí, a dietas triticale-soya y a dietas trigo-soya, ambas a 20% de proteína, en un arreglo factorial 2 x 2. Además, se incluyó una dieta testigo sorgo-soya (cuadro 36). La duración del experimento fue de 31 días. Las aves alimentadas con dietas triticale-soya, no suplementadas con aceite, presentaron empastamiento del pico. Los resultados referentes a ganancia de peso y conversión alimenticia aparecen en el cuadro 36. Se encontró diferencia entre tratamientos ($P \leq .01$) en ganancia de peso; al descomponer la suma de cuadrados de tratamientos, se observó que tanto el trigo como el triticale responden. ($P \leq .05$) a la suplementación de 2% de aceite. Cuando se compararon todas las dietas triticale-soya con las dietas trigo-soya, se

CUADRO 36

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ACEITE, A DIETAS A BASE DE TRITICALE
O TRIGO, PARA POLLOS DE 7-28 DÍAS (5)

	DIETA				
	1	2	3	4	5
Sorgo, %	64.66	—	—	—	—
Triticale, %	—	76.44	73.64	—	—
Trigo, %	—	—	—	74.55	71.75
Pasta de soya, %	29.70	17.70	18.50	19.60	20.40
Aceite de ajonjolí, %	—	—	2.00	—	2.00
DL-metionina	.24	.24	.24	.24	.24
L-lisina HCl (80%)	—	.22	.22	.21	.21
Premezcla ^c	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
Ganancia total, g	356.1 ^b	339.5 ^b	401.1 ^a	366.3 ^b	387.8 ^a
Alimento/ganancia	2.23 ^b	2.15 ^b	1.99 ^a	2.13 ^b	1.98 ^a

^{a, b} Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales (P < .05).

^c Proporcionó por kg de alimento: roca fosfórica 4.5 g; vitaminas y minerales .5 g.

CUADRO 37

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE ACEITE A DIETAS A BASE DE TRITICALE,
CON 20% DE PROTEÍNA, PARA POLLOS EN INICIACIÓN (5)

	<i>Dieta</i>						
	1 ^a	2 ^b	3 ^b	4 ^b	5 ^b	6 ^b	7 ^b
Aceite, %	—	—	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5
Ganancia total, g	388.4 ^c	363.9 ^d	392.8 ^c	392.0 ^c	403.6 ^c	386.2 ^c	398.4 ^c
Alimento/ganancia	2.09 ^d	2.18 ^c	2.06 ^d	2.06 ^d	1.95 ^e	1.94 ^e	1.92 ^e

^a Testigo sorgo-pasta de soya.

^b Dietas triticales-pasta de soya.

^c, ^d, ^e Para cada parámetro, valores con diferente literal son estadísticamente desiguales
($P \leq .05$).

encontró que los promedios eran estadísticamente iguales. Al comparar la ganancia de peso de las dietas de trigo y de triticale sin suplementaciones de aceite con la dieta testigo sorgo-soya, no se encontró diferencia significativa entre ellas ($P \geq .05$). En conversión alimenticia, también se encontró una respuesta significativa ($P \leq .05$) a la suplementación de grasa. El hecho de haber encontrado respuesta a la suplementación de aceites en ambas dietas se debe a que el contenido energético de las mismas era bajo, y muestra que la energía metabolizable del triticale es similar a la del trigo; o bien, a un mayor aporte de ácido linoleico.

2. *Efecto de la adición de aceite a dietas a base de triticale, para pollos de engorda (5)*

Doscientos diez pollos de engorda Vantress-cross, de una semana de edad, sin sexar, se distribuyeron en grupos de 10 pollos cada uno. Las aves se alojaron en pisos de criadoras eléctricas de batería. Se utilizaron siete tratamientos con tres repeticiones cada uno para encontrar el nivel óptimo de suplementación de grasa (aceite de ajonjolí) en dietas triticale-soya, con 20% de proteína. El diseño utilizado fue completamente al azar. Los tratamientos empleados fueron las suplementaciones de 0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 y 7.5% de aceite, además de un tratamiento testigo sorgo-soya. Los resultados obtenidos en 21 días de experimentación se encuentran en el cuadro 37. Puede observarse que la ganancia de peso se incrementó ($P \leq .05$) con la suplementación de aceite. A partir del nivel de 1.5% no se encontró diferencia ($P \geq .05$) entre tratamientos, lo que indica que la suplementación de dicho nivel a dietas a base de triticale-soya, con 20% de proteína, es suficiente para lograr resultados óptimos en crecimiento y además para mejorar la textura de la dieta. La ganancia de peso con la dieta testigo (sorgo-soya), fue igual ($p \geq .05$) a la de las dietas de triticale suplementadas con aceite, lo que indica que la energía del híbrido es inferior a la del sorgo. Los niveles altos de grasa mejoraron ($P \leq .05$) la conversión alimenticia. Los datos obtenidos en este trabajo muestran que el triticale suplementado con aceite puede reemplazar satisfactoriamente al sorgo y parte de la pasta de soya de la dieta de pollos de engorda en iniciación.

CUADRO 38

EFFECTO DEL REMOJADO Y DE LA ADICIÓN DE ENZIMAS, SOBRE EL VALOR NUTRITIVO DEL TRITICALE, EL TRIGO Y EL SORGO, PARA EL POLLO EN INICIACIÓN (5)

<i>Grano</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Ganancia total, g</i>	<i>Alimento/ganancia</i>
Triticale	ninguno	323.9 ^b	2.25 ^{cd}
Triticale	remojado	352.0 ^b	2.21 ^{cd}
Triticale	remojado	349.3 ^b	2.06 ^b
Trigo	ninguno	363.9 ^b	2.07 ^b
Trigo	remojado	357.1 ^b	2.13 ^{bc}
Trigo	enzimas	349.0 ^b	2.06 ^b
Sorgo	ninguno	368.5 ^b	2.02 ^b
Sorgo	enzimas	371.0 ^b	2.09 ^{bc}
Sorgo	enzimas	332.0 ^b	2.29 ^d

^a Los granos fueron combinados con pasta de soya, para obtener dietas con 20% de proteína.
^{b, c, d} Valores con diferente literal son estadísticamente desiguales ($P \leq .05$).

3. *Efecto del remojado y de la suplementación de enzimas sobre el valor nutritivo del triticale para pollos (5).*

Se utilizaron 270 pollos de engorda sin sexar, de una semana de edad, los que se distribuyeron en grupos de 10 pollos en criadoras eléctricas de batería. En este trabajo se trató de mejorar el valor nutritivo del triticale con la suplementación de enzimas de origen fungoso (Dawensima) a razón de 2.2 g/kg de alimento, y remojado el triticale molido con un peso igual de agua a 60° C, secándolo posteriormente en una estufa de aire forzado a 70° C por 24 horas y vuelto a moler además se empleó un tratamiento testigo con triticale sin ninguna adición. Se comparó también al triticale vs. trigo y sorgo después de emplear en estos últimos granos los tratamientos antes mencionados. El diseño utilizado fue completamente al azar, con nueve tratamientos cada uno por triplicado. Las dietas utilizadas tenían pasta de soya como fuente complementaria de proteína y estuvieron calculadas a 20% de proteína. Los resultados de 21 días indicaron que ni la adición de enzimas ni el remojado tuvieron efecto benéfico en la consistencia de las heces. No se encontró diferencia significativa entre tratamientos en ganancia de peso (cuadro 38) ; sin embargo, se puede apreciar que la ganancia de peso de los pollos se incrementó cuando la dieta con triticale se suplementó con enzimas, o cuando el triticale fue remojado. Las dietas de triticale, trigo y sorgo fueron iguales estadísticamente en ganancia de peso. La conversión alimenticia se mejoró ($P \leq .05$) cuando el triticale se remojó, efecto que no se presentó en otros granos. Los datos obtenidos en este estudio indican que la adición de enzimas o el remojado no mejoran el valor nutritivo del triticale, como acontece en el caso de algunas variedades de cebada.

Conclusiones

La adición de grasa mejora el valor nutritivo del triticale, pues incrementa su valor energético.

La suplementación con grasa a dietas de triticale mejora su textura y previene el empastamiento de los picos.

No existe ningún efecto benéfico en el crecimiento de pollos cuando el triticale se remoja o se le adicionan enzimas fungosas.

VII. Resumen general

Se efectuaron 39 experimentos; empleando 570 ratas albinas, 2 236 pollos, 230 gallinas en postura y 176 cerdos de abasto, con objeto de estudiar el valor nutritivo del triticale, cruza de trigo x centeno, para las especies mencionadas.

Nueve experimentos tuvieron como objetivo la comparación del triticale con otros granos de cereal, en la alimentación animal. Al ser comparado con base en el peso el triticale fue superior al maíz para la rata y el pollo, e igual al maíz para el cerdo. Cuando se comparó en base isonitrogenada, el valor nutritivo de ambos granos para la rata fue comparable. El cereal fue similar al maíz, sorgo y trigo para el pollo, cuando las dietas suplementadas con pasta de soya proveían cantidades adecuadas de proteína total. El triticale fue similar al trigo, y ambos fueron inferiores al sorgo para la gallina en postura. En el caso del cerdo, el triticale pudo substituir con éxito al sorgo y a una parte de la pasta de soya de dietas para finalización, lo que implica que la cantidad de suplemento proteico necesaria para balancear dietas de triticale fue menor. De hecho, es factible la alimentación de cerdos de abasto en finalización, mediante dietas formuladas a base de triticale, vitaminas, minerales y lisina sintética, lográndose ganancias de peso y conversiones alimenticias comparables a las que pudiera obtenerse con otros granos + suplementos proteicos.

Veintisiete experimentos se condujeron con objeto de determinar los aminoácidos limitantes del triticale para el monogástrico. El cereal híbrido resultó primer limitante en lisina para la rata, el pollo, la gallina y el cerdo. Treonina fue el segundo aminoácido limitante para todas las especies en cuestión. Los aminoácidos azufrados están contenidos en cantidades adecuadas para satisfacer los requerimientos del pollo; sin embargo, la cantidad parece ser marginal tanto para la rata como para el cerdo. Los aminoácidos de cadena lateral fueron estudiados en la rata y parecen estar presentes en cantidades adecuadas. En el caso de la gallina para postura, parece ser que existen otros aminoácidos aparte de lisina y treonina, que limitan la máxima respuesta de las aves.

Se condujeron, nueve experimentos con objeto de determinar la digestibilidad del nitrógeno, la lisina y la energía del triticale, para todas las especies animales mencionadas anteriormente. Se determinó que la digestibilidad de la proteína del triticale es elevada y fluctúa entre 85 y 87%. Igualmente, los valores de disponibilidad de la lisina del híbrido son elevados y varían de 78 a 88%. La energía metabo-

Lizable del triticale resultó ser similar a la del trigo y el centeno, e inferior a la de sorgo y maíz, siendo los valores *in vivo* e *in vitro* similares, y fluctúan entre 3.42 y 3.65 kcal/g.

Tres experimentos tuvieron como objetivo el estudiar métodos para mejorar el valor alimenticio del triticale para el pollo de engorda; se observó que la adición de grasa mejora el valor nutritivo del cereal, ya que aumenta su valor energético, mejora su textura y previene el empastamiento de los picos. Ni el remojado, ni la adición de enzimas fungosas dan por resultado beneficio alguno.

Los estudios aquí resumidos permiten concluir que desde el punto de vista nutricional del triticale compite favorablemente con los otros cereales como alimento para los animales de granjas.

REFERENCIAS

1. Allee, G. L., and R. H. Hines. Nutritional value of triticale for growing swine. *J. Anim. Sci.*, 35: 1102 (abstr.), 1972.
2. Allee, G. L., and R. H. Hines. Nutritional adequacy of triticale for finishing swine. *J. Anim. Sci.*, 35: 1101 (abstr.), 1972.
3. A.O.A.C., Official Methods of Analysis (10th. Ed.), *Association of Official Agricultural Chemists*, Washington, D.C., 1965.
4. Ávila, G. E., Y G. M. Cuca. Efecto de la suplementación de L-lisina y DL-metionina en dietas con triticale para pollos de engorda en iniciación. *Téc. Pec. Méx.*, 18:62, 1971.
5. Ávila, G. E., G. M. Cuca y M. A. Pró. Valor nutritivo de triticale para pollos en iniciación. *Memorias A.L.P.A.*; 6:29, 1971.
6. Ávila, G. E., Y G. M. Cuca. Utilización del triticale en dietas para pollos de reemplazó: *Téc. Pec. Méx.*, 25:64, 1973.
7. Bixler, E., P. J. Schaible, and S. Bandemer. Preliminary studies on the nutritive value of triticale as chicken feed. *Mich. Agr. Exp. Sta. Quart. Bull.*, 50: 276, 1968.
8. Bragg, D. B., and T. F. Sharby. Nutritive value of triticale for broiler chick diets. *Poult. Sci.*, 49: 1022, 1970.
9. Briggie, L. W. Triticale: a review. *Crop Sci.*, 9: 197, 1969.
10. Carpenter, K. J., and K. M. Clegg. The metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. *J. Sci. Pood Agr.*, 7:45, 1956.
11. Casarín, A. V., A. Naranjo y F. O. Bravo. Aminoácidos limitantes del triticale para la rata. *Téc. Peco Méx.*, 19:47 (Abstr.), 1971.
12. Clegg, K. M. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *J. Sci. Pood Agric.*, 7: 40, 1956.
13. Cornejo, S., J. Potocnjak, J. H. G. Holmes, and D. W. Robinson. Comparative nutritional value of triticale for swine. *J. Anim. Sci.*, 36: 87, 1973.
14. Czarnocki, I. I. R. Sibbald, and E. V. Evans. The determination of

- Chromic oxide in samples of feed and excreta by acid digestion and spectrophotometry. *Can. J. Anim. Sci.* 41: 167; 1961.
15. Cuca; G. M., M. A. Pró, y'G. E. Ávila. Valor nutritivo del opaco-2 y triticale en la dieta para pollitos en iniciación. *Tercer Ciclo de Conferencias Internacionales Sobre Avicultura*. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, SAG., México, p. 13, 1971:
 16. Cuca, G. M., and G. E. Ávila. Preliminary studies on triticale in diets for laying hens. *Politt. Sci.*; '52: 1973, 1973.
 17. DeMuelenaere, H., and R. Feldman. Aváilability of amino acids in maize. *J. Nutr.* 72 :447, 1960.
 18. Fry, R. E.; J. B. Allred, L. S. Jensen, and J. McGinnis. Influence of enzyme supplementations and water treatment on the nutritional value of different grains for poult. *Poult. Sci.* 37:372, 1958.
 19. Fernandez, R., and J. McGinnis. Nutritive value of triticale for young chicks and effect of different amino acid supplements on growth. *Poult. Sci.* 53 :47, 1974.
 20. Hernández, H., and L: S. Bates. A modified method for rapid analysis of maize. *International Maize and Wheat Improvement Center, Reseárch. Bull.* No. 13, 1969.
 21. Hill, F. W., and D. L. Anderson. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.*, 64:587,1958 .
 22. Hulsé, J. H., and D. Spurgeon. Triticale, *Scient. Am.*, 231:72, 1974.
 23. Jensen, L. S., R. E. Fry, J: B. Allred, and J. McGinnis. Improvement in the nutritional value of barley for chicks, Enzyme supplementation. *Poult.Sci.*, 36:919, 1957.
 24. Kies, C., and H. M. Fox. Determination of the first limiting amino acid of wheat and triticale grain for humans. *Cereal Chem.*, 47:615, 1970.
 25. Knipel, J. E. Comparative protein quality of triticale, wheat and rye. *Cereal Chim.*, 46:313, 1969 .
 26. Márquez, V. A., and G. E. Ávila. Effect of amino acid supplementation to triticale diets. *Poult. Sci.*, 53: 1231, 1974.
 27. Márquez, V. A., y G. E. Ávila. Efecto de la suplementación de treonina en dietas con triticale para aves. *Memorias del 15 Congreso Mundial de Avicultura*, E.U.A., 1974.
 28. Martínez, R. L., F. O. Bravo y A. S. Shimada. Adición de aminoácidos a dietas de triticale para el cerdo. *Téc. Peco Méx.*, 19:47 (abstr.), 1971.
 29. Martínez, R. L., F. O. Bravo y A. S. Shimada. Adición de aminoácidos a dietas de triticale para el cerdo. *Memorias del 2 Congreso Mundial de Alimentación Animal*, España 5 :547, 1972.
 30. May, M. A., and T. S. Nelson. Digestible and metabolizable energy content of varieties of milo for rats. *J. Anim. Sci.* 36:874, 1972.
 31. Moran, E. T., jr., s. P. Lall, and J. D. Summers. The feeding value of rye for the growing chick: Effect of enzyme supplements, antibiotics, autoclaving and geographical area oi production. *Poult. Sci.* 48: 939, 1969.
 32. National Research Council, Washington, D.C. *N.R.C., Nutrient Requirements of Laboratory Animals*, Pub. 990. National Academy el Sciences, 1962.

33. National Research Council, Washington, D.C., *N.R.C., Nutrient Requirements of Swine*, Publ. 1599. National Academy of Sciences, 1968.
34. National Research Council, Washington, D.C., *N.R.C., Nutrient Requirements of Poultry*, National Academy of Sciences. 1971.
35. Peraza, C., P. O. Bravo et A. S. Shimada. Valeur nutritive du triticale. Essai sur rats. *Memories du 10e. Congres Internationale de Zootechnie*. France, 1972.
36. Pomeranz, Y. Functional characteristics of triticale, aman made cereal. *Wallerstein Laboratories Communications*, 34: 175, 1971.
37. Potter, L. M., and L. D. Matterson. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Univ. of Connecticut Exp. Stat. Prog. Tess Report*, 39: 1, 1960.
38. Robles, C. A., C. F. Arteaga, G. E. Ávila, y A. S. Shimada. Valor alimenticio del triticale para el pollo y el cerdo en etapas de finalización. *Téc. Pec. Méx.*, 24:64, 1974.
39. Sell, J. L., G. C. Hodgson, and L. H. Shebeski. Triticale as a potential component of chicks rations. *Can. J. Anim. Sci.*, 42: 158, 1962.
40. Sell, J. L., and R. L. Johnson. Feeding value of triticale for turkeys and Rens. *N. Dakota Farm Res.*, 26:6, 1969.
41. Shimada, A. S., L. Martinez R., and F. O. Bravo. Studies on the nutritive value of triticale for growing swine. *J. Anim. Sci.*, 33: 1266, 1971.
42. Shimada, M. A., H. Troncoso A., L. A. de Uriarte, R. Rodríguez G., and F. O. Bravo. Studies on the feeding value of triticale for swine. *J. Anim. Sci.*, 33:238, (abstr.), 1971.
43. Shimada, A., T. R. Cline, and J. C. Rogler. Nutritive value of triticale for the non-ruminant. *J. Anim. Sci.*, 38:935, 1974.
44. Shimada, A., and T. R. Cline. Limiting amino acids of triticale for the growing rat and pig. *J. Anim. Sci.*, 38:941, 1974.
45. Shimada, A., and T. R. Cline. *In vivo* and *in vitro* metabolizable energy of triticale for the chicks, rat and pig. *J. Anim. Sci.* 38: 1257, 1974.
46. Shimada, A. S., y T. R. Cline. Disponibilidad de la lisina del triticale para la rata en crecimiento. *Téc. Pec. Méx.*, 25: 67, 1973.
47. Sibbald, I. R., and S. J. Slinger. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with finding which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. *Poult. Sci.*, 42:313'1963.
48. Steel, R. D., and J. H. Torrie. *Principies and Procedures of Statistics*, McGraw Hill Book Co., Inc., New York, N. Y., 1960.
49. Weber, C.W., J. O. Nordstrom, and B. L. Reid. Grain sorghum, wheat and triticale in laying hen diets. *Poult. S ci.*, 51: 885 (abstr.), 1972.
50. Willingham, H.E., L. S. Jensen, and J. McGinnis. Studies on the role of enzyme supplementation and water treatment for improving the nutritional value of barley. *Poult. Sci.*, 38:539, 1959.
51. Zillinsky, F. J., and N. E. Barlaug. Triticale research in Mexico. *Agricultural Sci. Rev.*, 9:28, 1971.
52. Zillinsky, F. J., and N. E. Borlaug. Progress in developing triticale as an economic crop. *International Maize and Wheat Improvement Center, Research Bull.*, No. 17., 1971.