

## Suplementación de la avena con aminoácidos<sup>1</sup>

RICARDO BRESSANI<sup>2</sup> Y LUIZ G. ELÍAS<sup>3</sup>  
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)  
Guatemala, C. A.

### RESUMEN

Se describe una serie de pruebas biológicas llevadas a cabo en ratas para determinar el orden de eficiencia de los aminoácidos en la proteína de la avena, así como el efecto de la concentración proteica sobre el nivel de suplementación de los aminoácidos en los cuales es deficiente. La comparación del contenido de aminoácidos de dicho cereal con el patrón establecido para la proteína de referencia de la FAO señaló que los aminoácidos deficientes en la avena eran lisina, metionina y triptofano.

Sin embargo, el estudio aquí descrito, en el que se utilizaron dietas que contenían niveles diferentes de proteína y calorías, se encontró que los aminoácidos limitantes en la avena eran la lisina y la treonina. Se constató, asimismo, que la metionina y el triptofano son probablemente los aminoácidos limitantes que les siguen en orden de importancia, aunque en pequeño grado. La administración de dietas a base de avena, que contenían niveles diferentes de proteína proveniente de este cereal, afectó la cantidad de lisina o treonina suplementarias requeridas para obtener el valor nutritivo máximo. A la concentración de 14.6% de proteína se necesitó 0.08% de L-lisina HCl y 0.08% de DL-treonina; a un nivel proteico de 10.5% en la dieta se requirió 0.13% de L-lisina HCl y 0.08% de DL-treonina, mientras que al nivel de 8% de proteína en la dieta el agregado de 0.085%

1. El trabajo descrito se realizó con fondos provenientes de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de los Estados Unidos de América (Subvención Nº AM-03811) y de la Compañía Quaker Oats, con sede en Chicago, Ill., E.E.UU.
2. Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
3. Científico de la misma División.  
Publicación INCAP E-376.  
Recibido: 28-12-1966.

de L-lisina y 0.04% de DL-treonina rindió un índice de eficiencia proteica máximo. Con las dietas libres de suplementos de aminoácidos, el mayor PER se obtuvo al usar niveles proteicos de 8 a 11% en la dieta. En el caso de las dietas adicionadas de lisina, ya fuese con o sin otros aminoácidos, el índice de eficiencia proteica más alto y la mayor ganancia de peso se obtuvieron utilizando niveles de 11 y 13% de proteína, respectivamente.

## INTRODUCCION

Ya en 1920, Osborne y Mendel (1) manifestaron que la lisina era el primer aminoácido limitante en la proteína de la avena. Los estudios biológicos realizados por otros investigadores (2, 3) y el análisis de la composición de aminoácidos de diversas variedades de avena (4) confirmaron esta aseveración. Los experimentos de suplementación con aminoácidos informados por Tang (5) hicieron manifiesto que los aminoácidos limitantes en ese cereal eran la lisina, siguiéndole en orden descendente la metionina y la treonina, siendo probable que la deficiencia de este último se debe a que no se encuentra del todo disponible al organismo.

El estudio, en términos comparativos, de la composición de aminoácidos esenciales de la avena, con la del patrón de la proteína de referencia de la FAO (6), reveló que los aminoácidos limitantes eran la lisina y la metionina, aproximadamente en el mismo grado, seguidos por el triptofano. A partir de estos hallazgos se juzgó de interés comparar la exactitud entre las predicciones establecidas de acuerdo con la pauta de aminoácidos de la proteína de referencia de la FAO, y los resultados de ensayos de alimentación utilizando ratas jóvenes en proceso de crecimiento. Las conclusiones de esta investigación fueron, en términos generales, similares a las obtenidas en pruebas de esta naturaleza efectuadas previamente en niños, en cuyo caso se aplicó el método de balance de nitrógeno (7).

## MATERIALES Y METODOS

La avena que se empleó en el desarrollo de este estudio procedía de Cedar Rapids, Iowa, Estados Unidos de América. El material fue analizado para establecer su composición química según los métodos de la AOAC (8), y el contenido de

aminoácidos se determinó usando técnicas microbiológicas descritas en un trabajo previo (9).

Para las pruebas biológicas en ratas, la avena se suplementó con una mezcla que contenía: 1% de aceite de hígado de bacalao; 5% de aceite de semilla de algodón; 4% de una mezcla de minerales (10); 5% de almidón y 2% de glicina. Además, a cada 100 g de dieta se agregó 5 ml de una solución completa de vitaminas (11). Con el fin de obtener mayor información sobre las deficiencias de aminoácidos en la proteína de la avena, se realizaron varios experimentos a diversos niveles de proteína en la dieta. Para reducir la proteína, la cantidad de avena en la dieta basal (de 88.2%) se disminuyó en tres cuartas partes, la mitad y una cuarta parte, respectivamente, en ensayos sucesivos, sustituyendo ese ingrediente por glucosa, en las mismas proporciones, para reponer el peso. Asimismo, los aminoácidos reemplazaron a la glucosa en igual peso, y el contenido de nitrógeno de los mismos fue reemplazado por el nitrógeno de la glicina con el objeto de que las dietas fueran isonitrogenadas.

Se utilizaron ratas de la raza Wistar de la colonia animal del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), las que fueron distribuidas según su peso y sexo de manera que el peso inicial promedio de todos los grupos, por experimento, fuese el mismo. Los animales se alojaron en jaulas individuales con fondos levantados de tela metálica; cada dieta fue administrada *ad libitum* a los diversos grupos de 6 ratas cada uno, por un período de 28 días, permitiéndoles libre acceso al agua en todo momento. Los animales se pesaron semanalmente, manteniéndose un registro cuidadoso del consumo de alimento, cada 7 días, por el mismo período de 28 días.

## RESULTADOS

Los resultados de varios experimentos diseñados para determinar los aminoácidos limitantes en la avena, a diferentes niveles de proteína en la dieta, se presentan en el Cuadro N° 1. Según se pudo comprobar, la adición de lisina por sí sola, en todos los niveles usados, mejoró el índice de eficiencia proteica (Protein Efficiency Ratio = PER), aunque en algunos casos, particularmente a la concentración más baja de pro-

teína, esa mejora no alcanzó significancia estadística al nivel del 5%. La adición individual de metionina y de treonina no produjo mejoras en los incrementos ponderales ni en el PER. En la mayoría de los ensayos, el agregado de sólo metionina resultó en una ganancia de peso menor que la obtenida al usar la dieta basal por sí sola. El efecto de la lisina también se hizo evidente al suplementar las dietas a base de avena con lisina y metionina, lisina y treonina, o lisina y triptofano. Sin embargo, en todos los niveles de proteína en la dieta, principalmente cuando las concentraciones proteicas eran más bajas, las combinaciones de lisina y treonina dieron siempre un PER mayor que los resultantes del agregado de lisina más metionina.

La adición simultánea de lisina, metionina y treonina, de lisina, metionina, treonina y triptofano, o de cualquier otra combinación de aminoácidos, no mejoró el PER más allá del valor obtenido con la suplementación de lisina más treonina. De nuevo, es de interés hacer notar que el efecto complementario de la lisina más treonina, y de estos dos aminoácidos con metionina, fue acentuándose progresivamente conforme el nivel de proteína en la dieta disminuía, lo que no sucedió al usar la lisina como el único suplemento.

El Cuadro N° 2 muestra los resultados de otros ensayos llevados a cabo con el propósito de determinar la cantidad de lisina necesaria para mejorar el valor nutritivo de la proteína de la avena cuando ésta aporta diferentes niveles de proteína a la dieta. Los hallazgos revelaron que a un nivel proteico de 14.6% el agregado de 0.08% a 0.17% de L-lisina HCl producía un PER tan alto como el resultante de la adición de las mayores concentraciones de lisina, mientras que a un nivel de 13.4% de proteína en la dieta, la cantidad de 0.08% de lisina dio un PER similar al obtenido con el uso de los niveles más altos de lisina. A una concentración proteica en la dieta de 10.9%, el agregado de 0.13% de lisina produjo los mejores resultados, y al nivel de 7.8% de proteína en la dieta se requirió 0.08% de lisina para obtener un PER mayor. Cabe subrayar que a un nivel proteico de 10.9%, los valores resultantes del PER sobrepasaron los observados al utilizar los otros niveles de proteína en la dieta.

Los resultados de tres experimentos diseñados para determinar la posibilidad de lograr una mejora en el PER, agre-

CUADRO N° 1

## EFECTO DE LA ADICION DE AMINOACIDOS A DIETAS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEINA DE AVENA

Aminoácidos agregados a la dieta basal <sup>a</sup> %	PORCENTAJE DE PROTEINA EN LA DIETA								
	14.2 b		11.7 c		8.6 d				
	Ratas N°	Aumento de peso e g	Ratas N°	Aumento de peso f g	Ratas N°	Aumento de peso g g			
Ninguno	18	133	2.29	6	87	2.04	6	58	2.15
Lisina	18	155	2.60	6	121	2.68	6	50	2.30
Metionina	12	123	2.14	6	89	2.15	6	52	2.07
Treonina	6	140	2.18	6	93	2.28	6	57	2.03
Lisina + metionina	12	147	2.52	6	128	2.70	6	67	2.46
Lisina + treonina	12	167	2.82	6	144	3.01	6	112	3.12
Lisina + triptofano	6	164	2.84	—	—	—	—	—	—
Metionina + triptofano	6	144	2.32	6	102	2.28	6	63	2.14
Lisina + metionina + treonina	18	153	2.70	6	126	2.86	6	112	3.26
Lisina + triptofano + treonina	6	175	2.89	—	—	—	—	—	—
Lisina + triptofano + metionina	12	149	2.59	—	—	—	—	—	—
Lisina + triptofano + metionina + treonina	12	145	2.73	—	—	—	—	—	—
DMS* 0.05	—	36.2	0.37	—	24.1	0.30	—	17.0	0.22
DMS* 0.01	—	48.5	0.50	—	32.3	0.41	—	22.7	0.29

a, b Porcentaje de avena en la dieta, 88.2; porcentaje de aminoácidos agregado: L-lisina HCl, 0.34; DL-metionina, 0.27; DL-treonina, 0.20, y DL-triptofano, 0.10.

a, c Porcentaje de avena en la dieta, 66.3; porcentaje de aminoácidos agregado: L-lisina HCl, 0.25; DL-metionina, 0.20; DL-treonina, 0.15.

a, d Porcentaje de avena en la dieta, 44.2; porcentaje de aminoácidos agregado: L-lisina HCl, 0.17; DL-metionina, 0.13, y DL-treonina, 0.10.

e Peso promedio inicial, 47 g.

f Peso promedio inicial, 49 g.

g Peso promedio inicial, 49 g.

\* DMS = diferencia mínima significativa.

EFFECTO SOBRE EL CRECIMIENTO PONDERAL E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA, DE LA SUPLEMENTACION CON VARIAS CONCENTRACIONES DE LISINA, A DIETAS CON NIVELES DIFERENTES DE PROTEINA EN LA DIETA

Nivel de L-lisina HCl % de la dieta	PORCENTAJE DE PROTEINA EN LA DIETA											
	14.6			13.4			10.9			7.8		
	Ratos N°	Aumento de peso <sup>a</sup> g	PER	Ratos N°	Aumento de peso <sup>c</sup> g	PER	Ratos N°	Aumento de peso <sup>d</sup> g	PER	Ratos N°	Aumento de peso <sup>e</sup> g	PER
0	12	121 · 18.1 <sup>b</sup>	2.07 · 0.12	8	140 · 12.3	2.42 · 0.24	14	104 · 11.1	2.57 · 0.19	6	57 · 19.6	2.12 ± 0.40
0.04	—	—	—	—	154 · 25.3	2.66 · 0.15	8	110 · 15.3	2.75 · 0.20	6	59 · 10.9	2.25 ± 0.40
0.08	12	141 · 18.8	2.32 · 0.15	8	156 · 28.3	2.77 · 0.18	14	122 · 19.7	2.81 · 0.23	6	66 · 21.6	2.52 ± 0.60
0.12	—	—	—	8	160 · 33.3	2.61 · 0.21	14	142 · 24.3	3.06 · 0.29	—	—	—
0.17	12	147 · 31.3	2.41 · 0.31	8	168 · 25.3	2.72 · 0.26	14	137 · 22.3	3.04 · 0.19	6	54 · 12.0	2.26 ± 0.34
0.21	—	—	—	8	174 · 32.7	2.81 · 0.19	8	148 · 19.6	3.25 · 0.20	—	—	—
0.26	6	159 · 33.6	2.40 · 0.28	—	—	—	6	131 · 19.6	2.86 · 0.16	6	51 · 31.2	2.24 ± 0.66
0.34	12	138 · 28.6	2.38 · 0.26	—	—	—	—	—	—	6	51 ± 16.4	2.09 ± 0.54
0.51	6	123 · 30.0	2.31 · 0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> Peso promedio inicial, 47 g.

<sup>b</sup> Desviación estándar.

<sup>c</sup> Peso promedio inicial, 48 g.

<sup>d</sup> Peso promedio inicial, 47 g.

<sup>e</sup> Peso promedio inicial, 50 g.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON DIFERENTES NIVELES DE METIONINA O DE TREONINA, A DIETAS A BASE DE AVENA ENRIQUECIDA CON LISINA

Suplemento	PORCENTAJE DE PROTEINA EN LA DIETA											
	14.7 0.17% de lisina				10.4 0.13% de lisina				8.5 0.08% de lisina			
	Amino-ácido agregado %	Aumento de peso <sup>a</sup> g	PER	Amino-ácido agregado %	Aumento de peso <sup>c</sup> g	PER	Amino-ácido agregado %	Aumento de peso <sup>d</sup> g	PER	Amino-ácido agregado %	Aumento de peso <sup>d</sup> g	PER
Testigo	0	143 ± 40.0 <sup>b</sup>	2.34 ± 0.28	0	125 ± 20.8	2.93 ± 0.16	0	38 ± 9.2	2.12 ± 0.28			
Metionina	0.09	141 ± 22.8	2.34 ± 0.20	0.07	119 ± 21.6	2.82 ± 0.31	0.04	52 ± 12.0	2.13 ± 0.36			
	0.18	141 ± 33.6	2.35 ± 0.23	0.13	109 ± 25.8	2.77 ± 0.48	0.09	42 ± 16.8	1.83 ± 0.40			
	0.27	154 ± 29.2	2.51 ± 0.18	0.20	131 ± 39.2	2.87 ± 0.36	0.14	51 ± 15.2	2.00 ± 0.50			
Treonina	0.08	161 ± 22.4	2.55 ± 0.28	0.06	123 ± 19.4	2.80 ± 0.30	0.04	74 ± 17.8	2.50 ± 0.50			
	0.16	156 ± 24.8	2.46 ± 0.20	0.12	117 ± 20.0	2.85 ± 0.22	0.08	64 ± 19.6	2.32 ± 0.53			
	0.24	158 ± 30.0	2.48 ± 0.26	0.18	129 ± 38.8	2.83 ± 0.45	0.12	58 ± 16.0	2.18 ± 0.51			

<sup>a</sup> Peso promedio inicial, 46 g.

<sup>b</sup> Desviación estándar.

<sup>c</sup> Peso promedio inicial, 58 g.

<sup>d</sup> Peso promedio inicial, 47 g.

EFFECTO DE LAS DIFERENTES DENSIDADES CALORICAS, EN DIETAS A BASE DE AVENA, SOBRE LA RESPUESTA A LA SUPLEMENTACION CON LISINA, METIONINA Y TREONINA

Grupo	Suplemento de aminoácido	Ingrediente agregado para cambiar las calorías de la dieta	EXPERIMENTO 1 <sup>a</sup>		EXPERIMENTO 2 <sup>b</sup>	
			Aumento de peso g	PER	Aumento de peso g	PER
1	—	Celulosa <sup>c</sup>	132	1.94	57	1.99
2	Lisina <sup>d</sup>	"	154	2.24	47	2.06
3	Metionina <sup>e</sup>	"	131	1.92	54	1.96
4	Treonina <sup>f</sup>	"	—	—	58	2.12
5	—	Glucosa	123	1.98	55	2.10
6	Lisina <sup>d</sup>	"	149	2.28	47	2.02
7	Metionina <sup>e</sup>	"	130	2.15	50	1.87
8	Treonina <sup>f</sup>	"	—	—	49	1.99
9	—	Grasa <sup>h</sup>	111	2.06	38	2.01
10	Lisina <sup>d</sup>	"	142	2.62	36	2.09
11	Metionina <sup>e</sup>	"	115	2.23	35	1.77
12	Treonina <sup>f</sup>	"	—	—	34	1.99

<sup>a</sup> Proteína en la dieta, 13.72%.

<sup>b</sup> Proteína en la dieta, 8.29%.

<sup>c</sup> 408 calorías/100 g.

<sup>d</sup> 0.17% de L-lisina HCl.

<sup>e</sup> 0.14% de DL-metionina.

<sup>f</sup> 0.10% de DL-treonina.

<sup>g</sup> 433 calorías/100 g.

<sup>h</sup> 483 calorías /100 g.

gando a la dieta a base de avena suplementada con lisina, varios niveles de metionina o treonina a diferentes concentraciones proteicas figuran en el Cuadro Nº 3. El examen de estos datos revela que la metionina no incrementó el PER en ningún caso, es decir, cualesquiera que fuesen los niveles de suplementación y de proteína usados en la dieta. A una alta concentración proteica, la adición de 0.08% de DL-treonina a la ración suplementada con lisina se tradujo en ciertas mejoras en el PER, si bien a un nivel proteico intermedio el agregado de treonina no mejoró la ganancia de peso ni el PER.

A un bajo nivel proteico, la adición de treonina a la dieta suplementada con lisina tuvo como resultado una mayor ganancia de peso y un mejor índice de eficiencia proteica.

En el Cuadro Nº 4 se dan a conocer los resultados de dos experimentos adicionales, los cuales se realizaron para determinar si la densidad calórica de la dieta —que se varió usando celulosa, glucosa o grasa— alteraba o no el orden de aminoácidos limitantes en la proteína de la avena. Pudo así establecerse que al incrementar el contenido total de calorías de las dietas, de 408 a 483 por 100 g, el PER de las ratas alimentadas con avena suplementada con lisina o treonina era superior al obtenido con la avena sola, pero que el agregado de sólo metionina a esa dieta inducía un descenso del PER cuando aumentaba la densidad calórica. De nuevo, en estos experimentos se comprobó que el efecto de lisina y de treonina ocurría únicamente cuando el contenido proteico de la dieta era de 13.7%.

La relación entre el incremento ponderal y el índice de eficiencia proteica obtenidos con la dieta basal en todos los experimentos que incluyó el presente estudio, comparados con el porcentaje de proteína en la dieta, se ilustra en la Figura 1. Esta también da a conocer los resultados de un experimento en el que se administró a ratas varios niveles de proteína de avena. Según se observa, el mayor PER se obtuvo cuando la dieta contenía de 8 a 10% de proteína proveniente de dicho cereal. Es pertinente señalar aquí que en todos los estudios de suplementación que abarcó la presente investigación se obtuvieron los valores más altos del índice de eficiencia proteica al usar el nivel de 11% de proteína en la dieta.

En la Figura 2 se aprecia la relación establecida entre la concentración proteica de la dieta y el PER, y las ganancias

FIGURA 1  
Relación entre el nivel de proteína de avena, el aumento en peso y el PER

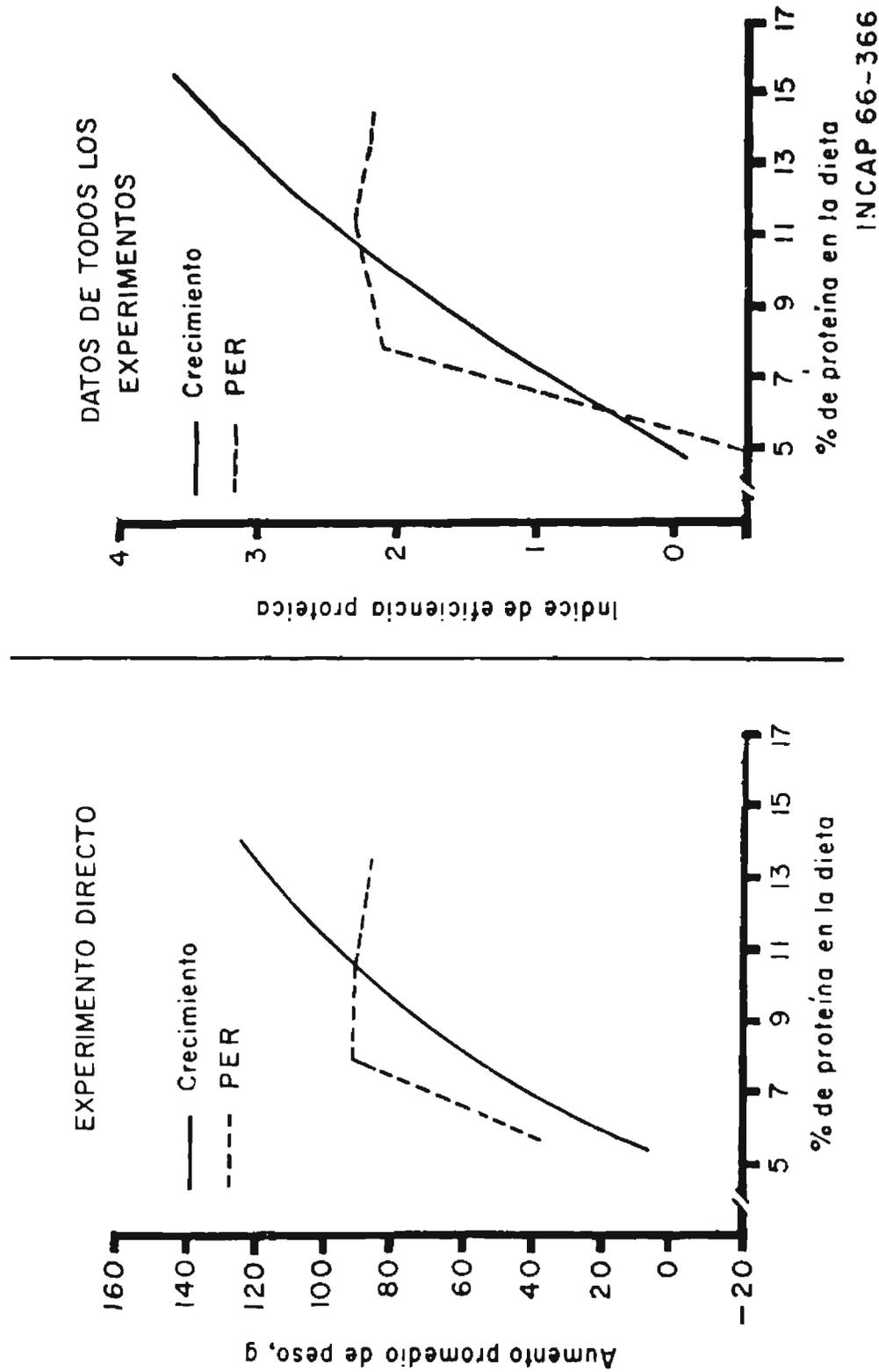
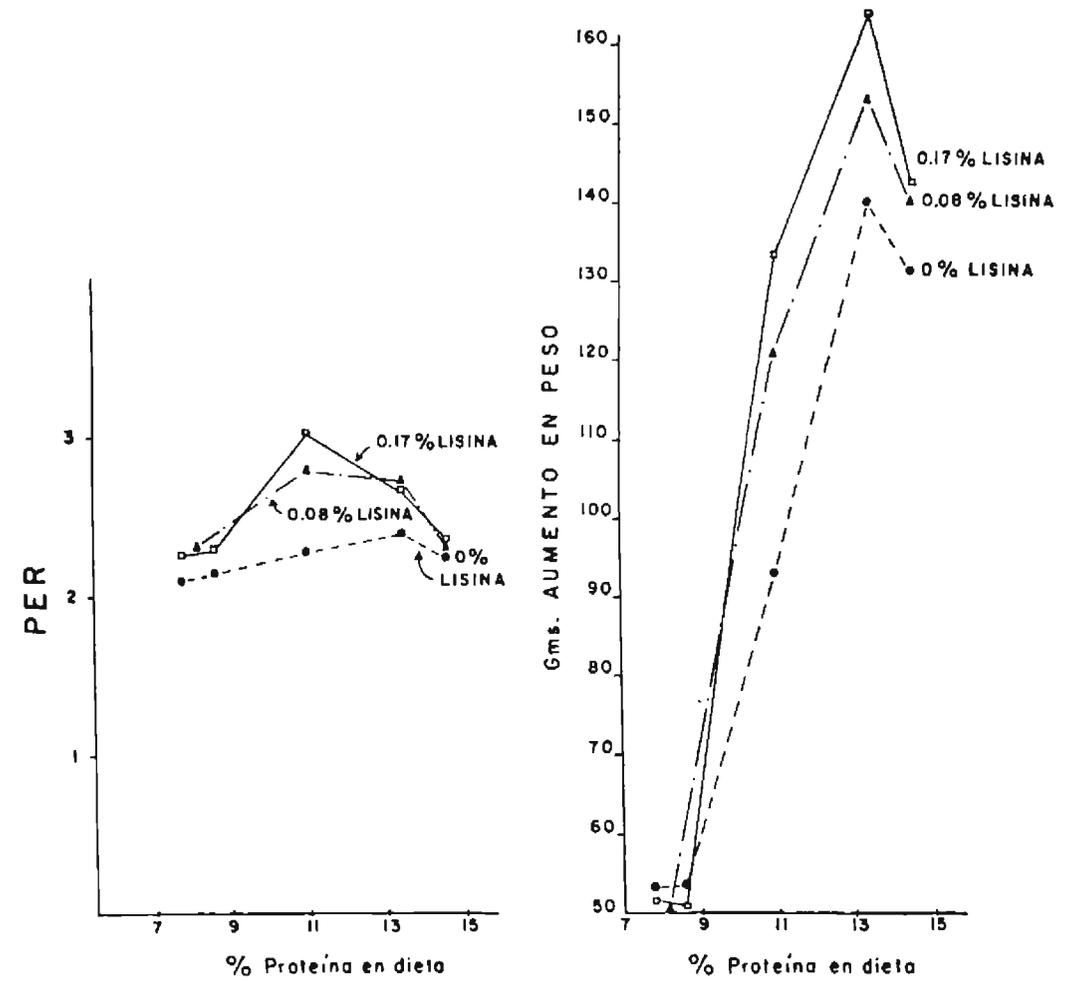


FIGURA 2

Relación entre el nivel proteico de la dieta, con diferentes niveles de lisina, el PER y el aumento de peso.



de peso, a los diferentes niveles de suplementación con lisina utilizados. La Figura revela que en los casos en que la dieta contenía un nivel proteico de 11%, el agregado de lisina indujo el mejor índice de eficiencia proteica y el mayor aumento de peso que cuando no hubo suplementación. El nivel óptimo de proteína con respecto a los aumentos de peso fue de 13%, con y sin suplemento de lisina.

DISCUSION

Los resultados del presente estudio indican que en la proteína de la avena la lisina ocupa el primer lugar como amino-

ácido limitante, seguido de la treonina. Estos hallazgos no concuerdan con los de Tang *et al.* (5), quienes encontraron en sus estudios que los aminoácidos limitantes en este cereal, en orden descendente, eran la lisina, la metionina y la treonina. En el presente caso, la importancia de la lisina fue evidente en todos los niveles proteicos usados en las dietas, pero la adición de treonina cuando la dieta contenía lisina, sólo produjo alzas en el índice de eficiencia proteica del alimento y en el crecimiento de las ratas al usar los niveles máximos o mínimos de proteína en la dieta. Los hallazgos también sugieren que después de la lisina y la treonina, la metionina y el triptofano son los aminoácidos limitantes que les siguen en orden de importancia.

La adición de lisina fue más efectiva cuando las dietas contenían cantidades intermedias de proteína procedente de la avena que en los casos extremos (concentraciones máximas y mínimas), posiblemente porque cuando la ingesta proteica es baja, la proteína por sí misma es más limitante para la nutrición de la rata que el propio aminoácido. Además, hay que tener en cuenta que otros aminoácidos también pueden ser tan limitantes en la proteína como la lisina, hecho que lo confirman los resultados obtenidos en el presente estudio al agregar treonina junto con lisina. Por el contrario, cuando la ingesta es alta, la deficiencia de lisina deja de existir, a pesar de que la proteína todavía no está del todo equilibrada. Los efectos más ostensibles de la lisina fueron observados a niveles proteicos intermedios, con los que también se obtuvieron las mejores tasas de crecimiento y en cuyo caso la proteína de la avena fue utilizada más eficientemente. Es un hecho reconocido que la mayor parte de las proteínas producen los índices de eficiencia proteica más altos cuando aportan del 10 al 12% de la proteína en la dieta que en los casos extremos (12).

Los resultados de esta investigación en ratas difieren de los obtenidos recientemente por este mismo laboratorio en otro estudio en el que se utilizaron niños (7), ya que en estos últimos el balance de nitrógeno obtenido con la adición de lisina a la dieta no sobrepasó el que produjo sólo la dieta basal. Este hecho contrasta con los hallazgos de otras pruebas realizadas también en niños alimentados con dietas a base de proteínas de maíz (13) o de harina de trigo (14), en las cuales

se encontró que los aminoácidos que mejoraban su balance de nitrógeno aumentaban también el PER en ratas.

Los niveles de lisina y metionina usados para complementar la proteína de la avena se obtuvieron a partir de la comparación entre la pauta de aminoácidos de la avena (7) y el patrón establecido para la proteína de referencia de la FAO (6). Dos son las conclusiones de importancia derivadas del estudio. En primer lugar, los resultados que eran de esperar según la norma de la FAO, ya citada, no se confirmaron en las pruebas biológicas a que se sometieron las ratas, ni en lo referente a metionina ni a treonina. Este hallazgo sugiere, así, que el nivel de metionina que estipula la pauta de aminoácidos de la FAO es más alto que el requerido, afirmación que concuerda con resultados obtenidos previamente en otros experimentos (13, 14). Por otra parte, parece ser que el nivel de treonina de la proteína de referencia es más bajo del que realmente se requiere. Sin embargo, este nivel no toma en cuenta la disponibilidad del aminoácido, por lo que, sobre dichas bases, éste debería aumentarse. Esta aseveración también concuerda con los resultados anteriormente obtenidos en niños (7).

La segunda consideración atañe a la cantidad del aminoácido deficiente que es necesario agregar, la cual fue calculada basándose en el contenido de nitrógeno total de la dieta. Los resultados revelaron que cuando se usaba el nivel proteico más alto, solamente se requería agregar de 0.08% a 0.17% de lisina para obtener el índice de eficiencia proteica máximo, si bien el patrón de aminoácidos establecido por la FAO sugería una adición de 0.34%.

Esto implica, pues, que cuando esa pauta de aminoácidos se utiliza como punto de partida para determinar las cantidades con las que debe suplementarse la proteína de la avena, todos los aminoácidos limitantes deben agregarse simultáneamente con el objeto de mantener un balance apropiado entre ellos. Además, si la suplementación ha de ser adecuada, también debe tenerse en cuenta el nivel proteico de ingesta y la cantidad de nitrógeno proveniente de los aminoácidos no esenciales.

#### ABSTRACT

Oat supplementation with amino acids

Biological trials with rats were carried out to determine the order of deficient amino acids in rolled oats, as well as the effect of level of protein

on the supplement level of the deficient amino acids. Comparison of the amino acid content of rolled oats with the pattern of the FAO reference protein indicated that the deficient amino acids were lysine, methionine and tryptophan. With diets containing different levels of rolled oats and of protein and calories, it was found that the limiting amino acids were lysine and threonine. Methionine and tryptophan may be next limiting as a group to a very small degree. The feeding of different protein levels affected the amount of supplemental lysine and threonine to give maximum nutritive value. At a level of 14.6% protein, 0.08% L-lysine HCl and 0.08% DL-threonine were required; at a level of 10.5% protein in the diet, 0.13% L-lysine HCl and 0.08% DL-threonine were required, while at a protein level of 8%, 0.085% L-lysine and 0.04% DL-threonine gave maximum PER. With unsupplemented diets, maximum PER was obtained at 8-11% protein in the diet. With the lysine supplemented diets, with or without other amino acids, maximum PER and maximum weight gain occurred at the 11 and 13% protein levels, respectively.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) Osborne, J. B. & Mendel, L. B.—Nutritive value of the proteins of the barley, oats, rye and wheat kernels. *J. Biol. Chem.*, 41: 275-306, 1920.
- (2) Jones, D. B., Caldwell, A. & Widness, K. D.—Comparative growth-promoting values of the proteins of cereal grains. *J. Nutrition*, 35: 639-649, 1948.
- (3) Mitchell, H. H. & Smuts, D. B.—The amino acid deficiencies of beef, wheat, corn, oats, and soy beans for growth in the white rat. *J. Biol. Chem.*, 95: 263-281, 1932.
- (4) Weber, E. B., Thomas, J. P., Reder, R., Schlehner, A. M. & Benton, D. A.—Protein quality of oat varieties. *J. Agr. Food Chem.*, 5: 926-928, 1957.
- (5) Tang, J. J. N., Laudick, L. L. & Benton, D. A.—Studies of amino acid supplementation and amino acid availability with oats. *J. Nutrition*, 66: 533-543, 1958.
- (6) Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Protein Requirements**. Report of the FAO Committee. Rome, Italy, 24-31 October, 1955. FAO Nutritional Studies No. 16, 1957.
- (7) Bressani, R., Wilson, D. L., Chung, M., Béhar, M. & Scrimshaw, N. S. Supplementation of cereal proteins with amino acids. VI. Effect of amino acid supplementation of rolled oats as measured by nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 81: 399-404, 1963.
- (8) Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists**, 7th ed., Washington, D. C., 1950.
- (9) Bressani, R. & Scrimshaw, N. S.—Lime-heat effects on corn nutrients. Effect of lime treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fraction in corn. *J. Agr. Food Chem.*, 6: 774-778, 1958.

- (10) Hegsted, D. M., Mills, R. C., Elvehjem, C. A. & Hart, E. B.—Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, 138: 459-466, 1941.
- (11) Manna, L. & Hauge, S. M.—A possible relationship of vitamin B<sub>12</sub> to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202: 91-96, 1953.
- (12) Forbes, R. M., Vaughan, L. & Yohe, M.—Dependence of biological value on protein concentration in the diet of the growing rat. *J. Nutrition*, 64: 291-302, 1958.
- (13) Scrimshaw, N. S., Bressani, R., Béhar, M. & Viteri, F.—Supplementation of cereal proteins with amino acids. I. Effect of amino acid supplementation of corn-masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 66: 485-499, 1958.
- (14) Bressani, R., Wilson, D. L., Béhar, M. & Scrimshaw, N. S.—Supplementation of cereal proteins with amino acids. III. Effect of amino acid supplementation of wheat flour as measured by nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 70: 176-186, 1960.