

# EVALUACION DEL COMPUTO AMINOACIDICO CORREGIDO POR DIGESTIBILIDAD PARA ESTIMAR LA CALIDAD PROTEINICA Y LA PROTEINA UTILIZABLE DE ALIMENTOS Y DIETAS<sup>1</sup>

*Nelly Pak,<sup>2</sup> Gloria Vera<sup>3</sup> y Héctor Araya<sup>4</sup>*

Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina,  
División Ciencias Médicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile

## RESUMEN

El trabajo aquí descrito tuvo como propósito evaluar el método del cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad para estimar la calidad proteínica y la proteína utilizable de alimentos y dietas, tomando como referencia el método biológico de la utilización proteínica neta (NPU).

Se relacionaron 10 alimentos de origen vegetal, 10 de origen animal y ocho mezclas de éstos. Al considerar todos los alimentos, se obtuvo una correlación positiva ( $r = 0.83$ ) y altamente significativa ( $P < 0.001$ ) entre la NPU y el cómputo aminoacídico corregido por la digestibilidad. Al separar los alimentos según su origen, la correlación fue positiva ( $r = 0.93$ ) y significativa ( $P < 0.001$ ) sólo en los vegetales. A su vez, sólo en los alimentos vegetales se encontró concordancia entre los valores de NPU y cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad, así como en la proteína utilizable estimada considerando la NPU y el cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad.

Se sugiere interpretar con cautela los valores de calidad y proteína utilizable de alimentos de origen animal y mezclas de vegetal y animal, cuando se utiliza en forma indistinta el método del cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad, o la NPU.

## INTRODUCCION

El valor nutritivo de una proteína depende primariamente de su capacidad para satisfacer las necesidades de nitrógeno y aminoácidos esenciales

---

Manuscrito modificado recibido: 30-8-84.

- 1 Trabajo financiado parcialmente por el Servicio de Desarrollo Científico, Artístico y Cooperación Internacional, Universidad de Chile (Proyecto B 1179/8222).
- 2 Profesor titular, Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, División Norte, Universidad de Chile, Independencia 1027, Santiago de Chile.
- 3 Investigador del mismo Departamento.
- 4 Profesor Asociado del Departamento en referencia.

Este está condicionado por su concentración de aminoácidos esenciales y por la disponibilidad biológica de los mismos. Existen métodos biológicos que permiten determinar la calidad de la proteína, pero éstos son caros y requieren de tiempo prolongado para su determinación. Por dicha razón, se han propuesto determinaciones químicas que permiten predecir lo más exactamente posible la calidad de las dietas. Así, el método del cómputo aminoacídico es uno de los propuestos para estimar la calidad nutricional de la proteína, con base en la constitución de sus aminoácidos esenciales (1).

Diversos autores indican que existe una correlación positiva entre el cómputo aminoacídico y diferentes métodos biológicos (1). Sin embargo, es necesario enfatizar que en la determinación del cómputo aminoacídico se han utilizado diferentes patrones de referencia, así como distintos procedimientos en su determinación. A la vez, los métodos biológicos empleados han sido muy diferentes (2). Recientemente se ha demostrado que las mejores correlaciones se logran utilizando valores de cómputo aminoacídico y empleando como referencia el patrón aminoacídico provisional FAO/OMS 1973 (3, 4). También se ha evidenciado la efectividad de este patrón para predecir los verdaderos aminoácidos limitantes en las dietas usadas (5).

No obstante, los valores del cómputo aminoacídico no reflejan la disponibilidad biológica de los aminoácidos para el organismo. Esta puede estar afectada por la inactivación de algunos aminoácidos esenciales que se producen durante el procesamiento tecnológico, o por cualquier otro factor como la presencia de fibra y sustancias tóxicas que disminuyen la digestibilidad de la proteína. Por lo tanto, es ventajoso ajustar el cómputo aminoacídico por un factor de digestibilidad, a fin de obtener una estimación de la calidad biológica de la proteína. Este método ha sido recomendado como el de elección por el Comité Oficioso FAO/OMS 1975 (6). Si la digestibilidad real de cada alimento no puede determinarse, se pueden usar los valores de la literatura o las cifras establecidas por el Comité Oficioso FAO/OMS 1975 para alimentos vegetales y animales (6). En la actualidad se preconiza el método multienzimático de digestibilidad *in vitro*, como una medida rápida de su determinación (7).

Se han encontrado correlaciones altamente significativas entre los métodos biológicos y el cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad, en alimentos de origen predominantemente vegetal (8) y en un conjunto de otros no especificados (9). No existe información precisa en cuanto a su aplicación a alimentos de origen animal y a combinaciones de alimentos vegetales y animales. Así, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación de este índice en la estimación de la calidad proteínica y proteína utilizable en alimentos de origen vegetal y animal, así como en mezclas de éstos.

#### MATERIAL Y METODOS

El estudio incluyó alimentos de origen vegetal, animal y mezclas de ambos, cuyas características se describen a continuación:

##### *Alimentos de Origen Vegetal*

Frijol (*Phaseolus vulgaris*) var. coscorrón, remojado más o menos du-

rante 12 horas, sometido a ebullición y secado a temperatura ambiente con circulación de aire; avena (*Avena sativum*) majada; arroz (*Oryza sativum*) precocido por un sistema industrial de calor seco; harina de trigo (*Triticum aestivum*) con 70-80% de extracción; harina de trigo (*Triticum aestivum*) tostada por calor seco; pan tipo marraqueta, secado al aire; pan de molde "dieta" a base de harina integral y harina blanca, secado al aire; pan de molde "integral" confeccionado con trigo entero molido y harina blanca, secado al aire; mezclas de materiales extruidos lupino-arroz y lupino-trigo en la proporción de 50:50.

### *Alimentos de Origen Animal*

Carnes de vacuno (magra) y pollo, cocidos a ebullición y secados en estufa a temperatura de 40°C; carne de pollo (magra) cocida y liofilizada; huevo en polvo secado por el sistema spray; pescado [merluza (*Merluccius gayi*)] precocida, deshidratada; "choritos" (*Mytilus edulis chilensis*); "almejas" (sin especificar variedad) y "machas" (*Mesodesma donacium*) crudos y sometidos a liofilización; "cholgas" (*Aulacomya ater*) y "locos" (*Concholepas concholepas*) cocidos a ebullición y posteriormente liofilizados.

### *Mezclas de Alimentos de Origen Vegetal y Animal*

Estas fueron guisos de consumo habitual [tallarines-huevo; arroz-huevo; cazuela de vacuno y estofado (ambos contienen diferentes proporciones de carne, verduras y papas); pescado-repollo] preparadas en el laboratorio de acuerdo a recetas de las preparaciones de mayor consumo en la población chilena urbana de bajo nivel socioeconómico (10), secados en estufa a 40°C; estofado de vacuno y carbonada en conserva y secados a 40°C en estufa, y un sustituto lácteo desecado, proveniente de una industria nacional, a base de lupino, arroz y leche.

En todos los alimentos se determinó su composición química por técnicas notificadas (11); el cómputo aminoacídico fue estimado a partir de la composición de aminoácidos obtenida de Tablas disponibles (12) y del patrón aminoacídico provisional FAO/OMS 1973 (2); la calidad biológica de la proteína según el método de utilización proteínica neta (NPU) de Miller y Bender (13) en ratas en crecimiento (cuatro ratas albinas de 31 días de edad, de ambos sexos, en cada determinación). Esta se realizó al 100% de las calorías proteínica y operativa cuando la concentración de proteína del alimento era cercana al 100%. La digestibilidad verdadera de la proteína se realizó utilizando la misma experiencia de la determinación de la utilización proteínica neta, de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Digestibilidad verdadera} = \frac{I - F - F_k}{I} \times 100$$

donde: I = Nitrógeno ingerido.  
F = Nitrógeno fecal.  
Fk = Nitrógeno fecal con dieta apteica.

La proteína utilizable (1) se estimó considerando el cómputo amino-

ácido corregido por digestibilidad, y luego se comparó con la calculada a partir del NPU.

El análisis estadístico de los resultados se efectuó de acuerdo a Snedecor y Cochran (14). En los estudios de correlación lineal se empleó el método de los mínimos cuadrados, y la significancia del coeficiente de correlación fue estimada según la prueba "t" de Student.

Las diferencias estadísticas de los promedios se determinaron empleando la prueba "t" de Student. También se analizó la diferencia en cada par de muestras por la prueba "t" de Student para pares de muestras.

## RESULTADOS

El cómputo aminoacídico, así como la digestibilidad verdadera y la NPU de la proteína de los alimentos de origen vegetal, animal y mixtos, se detallan en la Tabla 1. En la mayor parte de los alimentos vegetales el aminoácido limitante fue lisina, y los azufrados totales en el caso del frijol y la mezcla lupino-trigo. En los alimentos de origen animal, se aprecia que los valores del cómputo aminoacídico son todos de 100%. El cómputo aminoacídico de los mariscos se calculó con información promedio debido a la falta de datos sobre la composición aminoacídica de los alimentos individuales. En las mezclas de alimentos de origen vegetal y animal se demuestra que la mayor parte tienen valores altos de cómputo aminoacídico, y en algunos casos de 100, con excepción de la combinación tallarines-huevo, explicable, ya que la proporción empleada fue de 6:1; en la mayoría de los alimentos el aminoácido limitante correspondió a los azufrados totales, y la lisina en las combinaciones cereal-huevo.

En las Figuras 1 y 2 se muestra la correlación entre el cómputo aminoacídico y la NPU, así como el cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad y la NPU de la proteína de alimentos de origen vegetal; en ambos casos las correlaciones fueron positivas y altamente significativas. En los alimentos de origen animal y las mezclas de origen vegetal y animal no se encontró correlación con las variables analizadas. Al incluir todos los alimentos, la correlación entre la NPU y el cómputo aminoacídico por digestibilidad fue de  $r = 0.83$ ;  $P < 0.001$ .

Los valores promedio de NPU y cómputo aminoacídico corregido por la digestibilidad de la proteína de los alimentos incluidos en el estudio se comparan en la Tabla 2. Puede observarse que sólo en los alimentos vegetales no hubo diferencia significativa entre los promedios. Este hecho se corroboró al aplicar la prueba "t" de Student para muestras pareadas.

Por otra parte, en la Tabla 3 se dan a conocer los datos de proteína utilizable en los diferentes grupos de alimentos. Como lo revelan las cifras, en los de origen animal y combinaciones de vegetal y animal, la proteína utilizable calculada por el método del cómputo aminoacídico por digestibilidad verdadera, es apreciablemente mayor que la calculada por la NPU ( $P < 0.01$ ).

## DISCUSION

La correlación entre NPU y cómputo aminoacídico corregido por

TABLA 1

COMPUTO AMINOACIDICO, UTILIZACION PROTEINICA NETA Y  
DIGESTIBILIDAD DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL, ANIMAL Y  
MEZCLAS DE ESTOS

Alimentos	Cómputo aminoacídico o/o	NPU o/o	Digestibilidad verdadera o/o
<i>De origen vegetal:</i>			
Frijol	54.1	48.9 ± 3.3 (4)	75.8 ± 2.9 (4)
Avena	68.2	51.7 ± 4.6 (4)	81.5 ± 5.0 (4)
Arroz	66.5	66.5 ± 1.2 (4)	95.3 ± 2.7 (4)
Harina de trigo	38.2	44.2 ± 1.1 (2)	96.7 ± 2.0 (4)
Harina tostada	38.2	37.8 ± 2.6 (2)	82.1 ± 5.8 (4)
Pan (marraqueta)	38.2	46.4 (1)	94.5 ± 1.9 (4)
Pan de molde (dieta)	49.0	43.3 ± 0.5 (4)	91.2 ± 0.7 (4)
Pan de molde (integral)	43.0	42.9 ± 1.9 (4)	90.8 ± 0.7 (4)
Lupino-trigo	71.0	58.3 ± 2.2 (4)	86.6 ± 0.5 (2)
Lupino-arroz	75.0	63.0 ± 4.2 (2)	86.7 ± 0.2 (2)
<i>De origen animal:</i>			
Carne de vacuno (magra)	100	73.8 ± 2.9 (4)	92.1 ± 0.9 (2)
Carne de pollo	100	71.0 ± 2.2 (3)	90.7 ± 1.2 (2)
Carne de pollo (magra)	100	71.1 ± 2.4 (2)	93.1 ± 1.3 (2)
Huevo	100	86.7 ± 2.2 (3)	92.2 (1)
Pescado	100	80.0 ± 1.6 (2)	93.1 ± 0.9 (2)
Choritos	100	67.8 ± 0.4 (2)	89.2 ± 0.3 (2)
Almejas	100	69.5 ± 2.4 (2)	91.7 ± 2.4 (2)
Machas	100	63.5 ± 0.5 (2)	90.1 ± 0.2 (2)
Cholgas	100	70.2 ± 2.6 (2)	89.7 ± 1.8 (2)
Locos	100	54.9 ± 2.9 (2)	91.4 ± 1.1 (2)
<i>Mezclas de alimentos de origen vegetal y animal:</i>			
Tallarines-huevo	51	61.2 ± 4.5 (2)	91.3 ± 0.1 (2)
Arroz-huevo	88	71.8 ± 4.2 (2)	90.8 ± 1.1 (2)
Cazuela de vacuno	100	62.1 ± 3.5 (4)	83.4 ± 0.2 (2)
Estofado	100	62.8 ± 1.2 (4)	80.6 ± 0.1 (2)
Pescado-repollo	100	72.2 ± 5.3 (4)	89.2 ± 1.3 (2)
Estofado de vacuno (conserva)	96	48.8 ± 5.0 (2)	80.0 ± 2.2 (2)
Carbonada (conserva)	98	53.7 ± 1.7 (2)	75.4 ± 0.6 (2)
Sustituto lácteo	90	63.4 ± 3.2 (4)	84.7 ± 2.1 (2)

\* Promedio ± Desviación Estándar. Las cifras entre paréntesis indican el número de determinaciones.

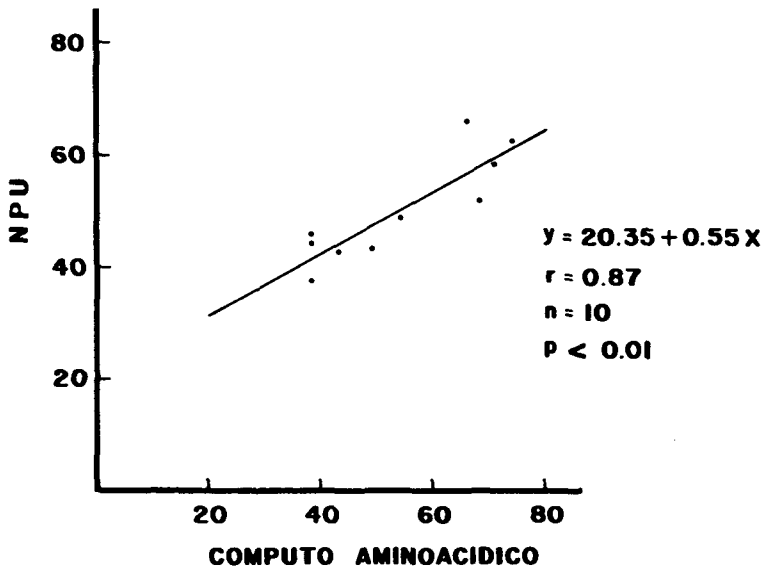


FIGURA 1

Correlación entre cómputo aminoacídico y NPU de la proteína de alimentos de origen vegetal

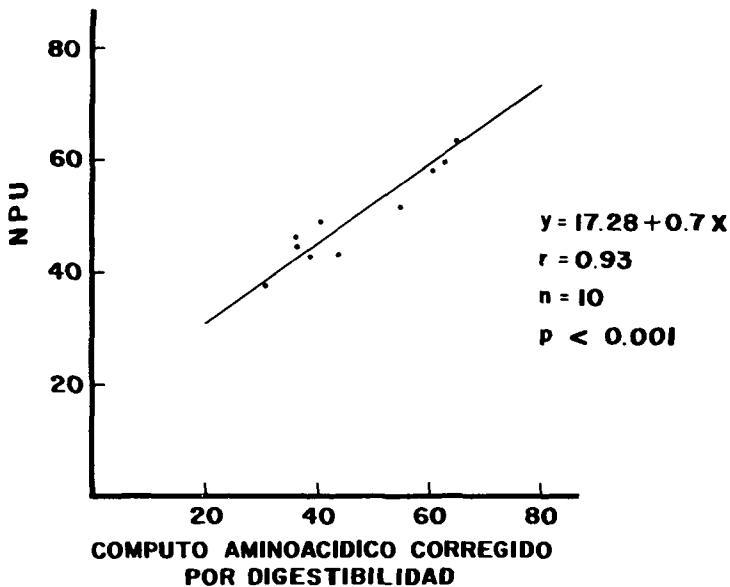


FIGURA 2

Correlación entre cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad y NPU de la proteína de alimentos de origen vegetal

TABLA 2

**COMPARACION DE LOS VALORES PROMEDIOS DE NPU Y COMPUTO  
AMINOACIDICO CORREGIDO POR DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA  
DE ALIMENTOS**

Tipo de alimento	NPU	Cómputo aminoacídico por digestibilidad	Significancia*
	$\bar{x} \pm DE$	$\bar{x} \pm DE$	
Vegetal (10)**	50.3 $\pm$ 9.45	47.5 $\pm$ 12.7	NS
Animal (10)	70.9 $\pm$ 8.2	91.3 $\pm$ 1.4	P < 0.001
Mezcla de vegetal y animal (8)	62.0 $\pm$ 8.1	75.8 $\pm$ 12.7	P < 0.01
Todos (28)	60.9 $\pm$ 12.1	71.2 $\pm$ 21.5	P < 0.05

\* Prueba "t" de Student.

\*\* Número de muestras.

digestibilidad obtenida al considerar los alimentos, confirma lo comunicado por Pellet (9) en el sentido de que existe una correlación lineal y positiva entre la NPU y el cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad.

Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos por ambas metodologías (NPU y cómputo aminoacídico corregido por digestibilidad) se demuestra que son significativamente diferentes. Esto indica que ambos métodos no se pueden aplicar indistintamente. Al efectuar el mismo análisis en los tres grupos de alimentos, se comprobó que sólo en los alimentos de origen vegetal hubo una correlación significativa y concordancia entre los valores de calidad y proteína utilizable obtenidos por ambas metodologías.

Estos resultados se pueden atribuir por una parte, a que las proteínas de los alimentos de origen vegetal estudiados están limitadas principalmente por lisina. En cambio, en los grupos donde no se observó correlación significativa y valores similares, los aminoácidos en su mayor parte estaban limitados por los azufrados totales. Por otro lado, los valores de cómputo aminoacídico de 100, o cercanos a 100 en la mayor parte de los alimentos de origen animal y en las mezclas de vegetal y animal, contribuirían a hacer difícil el establecer una correlación significativa con la NPU. Además, el exceso de aminoácidos en el método del cómputo aminoacídico no se toma en cuenta.

Se acepta que los requerimientos de aminoácidos azufrados de la rata son extraordinariamente altos en comparación con los de los humanos (1), lo que explicaría los valores inferiores de NPU obtenidos en los alimentos de origen animal y en las combinaciones de vegetal y animal. También debería considerarse que si los alimentos de origen animal se estimaran a un porcentaje de calorías proteínicas inferior a 10, seguramente tendrían una eficiencia proteínica superior. Estos son defectos de que adolece la metodología utilizada, y que ameritan destacarse para una futura modificación en su determinación.

TABLA 3

**PROTEINA UTILIZABLE DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL,  
VEGETAL Y MEZCLAS DE ESTOS**

Alimentos	Proteína utilizable g/100 g	
	A*	B**
<i>De origen vegetal:</i>		
Frijol	8.4	10.1
Avena	5.9	5.5
Arroz	4.8	5.0
Harina de trigo	4.0	4.8
Harina tostada	3.5	4.2
Pan (marraqueta)	4.0	5.2
Pan de molde (dieta)	6.2	6.0
Pan de molde (integral)	5.0	5.5
Lupino-trigo	13.4	12.7
Lupino-arroz	12.3	11.9
Promedio ± DE	6.8 ± 3.5	7.1 ± 3.2
<i>De origen animal:</i>		
Carne de vacuno (magra)	75.7	60.7
Carne de pollo	50.0	39.1
Carne de pollo (magra)	66.8	51.0
Huevo	43.6	40.1
Pescado	79.6	68.4
Choritos	41.4	31.5
Almejas	53.5	40.5
Machas	37.2	26.2
Cholgas	64.1	50.2
Locos	66.0	39.6
Promedio ± DE	57.8 ± 14.7	44.7 ± 12.9
<i>Mezclas de alimentos de origen vegetal y animal:</i>		
Tallarines-huevo	6.2	7.2
Arroz-huevo	7.4	6.6
Cazuela de vacuno	17.3	12.9
Estofado	16.2	12.6
Pescado-repollo	34.0	27.5
Estofado vacuno (conserva)	18.2	11.6
Carbonada (conserva)	20.6	14.9
Sustituto lácteo	11.4	9.5
Promedio ± DE	16.3 ± 8.9	12.9 ± 6.6

\* Calculada considerando cómputo aminoacídico x digestibilidad.

\*\* Calculada considerando NPU.

Diferencia estadísticamente significativa en los alimentos animales ( $P < 0.001$ ) y mezclas de vegetales y animales ( $P < 0.01$ ). Método "t" de Student para pares de muestras (Comparación entre A y B).

Aun con las limitaciones del trabajo aquí comentado —esto es, el estudio de alimentos de mayor consumo en Chile— el empleo de Tablas de composición aminoacídica en vez del análisis directo, el hecho de que los alimentos vegetales eran predominantemente limitados en lisina, y los posibles defectos inherentes a las metodologías empleadas, nuestros hallazgos sugieren la necesidad de profundizar en el estudio de estas asociaciones. No parece racional el hecho de aceptar en forma tan simplista, las normas de los comités de expertos que recomiendan aplicar indistintamente metodologías cuya base conceptual es diferente.

#### SUMMARY

#### EVALUATION OF AMINO ACID SCORE ADJUSTED BY DIGESTIBILITY TO ESTIMATE THE PROTEIN QUALITY AND UTILIZABLE PROTEIN OF FOODS AND DIETS

The purpose of the present study was to evaluate the amino acid score adjusted by digestibility to estimate protein quality and utilizable protein in foods and diets, considering net protein utilization (NPU) as a biological reference method.

Ten foods of vegetable origin and ten of animal origin, as well as eight mixtures of foods of vegetable and animal origin were studied.

When all the foods were considered, a positive ( $r = 0.83$ ) and highly significant correlation ( $p < 0.001$ ) between NPU and the amino acid score adjusted by digestibility was found. When the foods were separated according to their origin, this correlation was positive only for the foods of vegetable origin ( $r = 0.93$ ) and statistically significant ( $p < 0.001$ ). Also, only in those foods were similar values found between NPU and amino acid score adjusted by digestibility, as well as in utilizable protein estimated considering both methods.

Caution is required to interpret protein quality and utilizable protein values of foods of animal origin and mixtures of foods of vegetable and animal origin when the amino acid score method adjusted by digestibility, or NPU, are utilized.

#### BIBLIOGRAFIA

1. The United Nations University World Hunger Programme. **Nutritional Evaluation of Protein Foods**. Peter L. Pellet and Vernon R. Young (Eds.). The United Nations University, 1980, 154 p. (Food and Nutrition Bulletin Supplement No. 4. WHTR-3/UNUP-129).
2. **Necesidades de Energía y de Proteínas**. Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de Expertos, Roma, 22 de marzo - 2 de abril de 1971, 138 p. (Reuniones sobre Nutrición No. 52 de la FAO; Serie de Informes Técnicos de la OMS, No. 522).
3. Araya, H. & N. Pak. Análisis de los criterios metodológicos recomendados por FAO-OMS 1973 para calcular los niveles seguros de ingesta según calidad de la proteína dietaria. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 28: 63-74, 1978.
4. Chávez, F. & P. L. Pellet. Protein quality of some representative Latin American diets by rat bioassay. *J. Nutr.*, 106: 792-801, 1976.
5. Kaba, H. & P. L. Pellet. Prediction of true limiting amino acids using available protein scoring systems. *Ecol. Fd Nutr.*, 4: 109-116, 1975.

6. FAO/OMS. Necesidades de energía y proteínas. Recomendaciones de una Reunión Oficiosa FAO/OMS de Expertos, Roma, 1975. *Alimentación y Nutrición*, 1: 12, 1975.
7. Hsu, H. W., D. L. Vavak, L. D. Satterlee & G. A. Miller. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.*, 42: 1269-1273, 1977.
8. Wolzak, A., L. G. Elías & R. Bressani. Protein quality of vegetable proteins as determined by traditional biological methods and rapid chemical assays. *J. Agr. Food Chem.*, 29: 1063-1068, 1981.
9. Pellet, P. L. Protein quality evaluation revisited. *Food Technol.*, 32: 60-79, 1978.
10. Pak, N., G. Vera, E. Román & H. Araya. Valor nutritivo de las preparaciones más consumidas por la población chilena urbana de bajo nivel socioeconómico. *Rev. Chil. Nutr.*, 9: 232, 1981.
11. Pak, N. & H. Araya. Frijol extruido: potencialidad de su utilización en la alimentación infantil. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 31: 371-383, 1981.
12. FAO. *Amino Acid Content of Foods and Biological Data on Proteins*. Rome, FAO, Food Policy and Food Science Service, Nutrition Division, 1970. (FAO Nutritional Studies No. 24).
13. Miller, D. S. & A. E. Bender. The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. *Brit. J. Nutr.*, 9: 382-388, 1955.
14. Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. *Statistical Methods*. Ames, Iowa, The Iowa University Press, 1972.