

BIODISPONIBILIDAD DE AMINOACIDOS EN EL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)¹

*Adriana Blanco*² y *Ricardo Bressani*³

**Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
(INCAP),
Guatemala, Guatemala, C. A.**

RESUMEN

Se evaluó la disponibilidad biológica de los aminoácidos de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en cuatro sujetos adultos sanos, mediante la técnica de absorción de aminoácidos y el método de balance de nitrógeno de corto plazo en dietas a base de frijol.

La composición aminoacídica se determinó según el método de intercambio iónico, y el triptofano se estimó por un método colorimétrico.

El patrón de los aminoácidos esenciales (AAE) y aminoácidos no esenciales (AANE) sugiere que no existen diferencias significativas en su contenido entre las tres variedades de frijol. Al comparar los patrones de AAE con los de la FAO/OMS, se encuentran como AA limitantes en orden decreciente: el triptofano, la valina y la treonina (no se están considerando los AA azufrados, porque la hidrólisis utilizada los destruye); y los AA que sobrepasan al patrón de referencia son los AA aromáticos y la isoleucina.

Las digestibilidades aparentes (DA) y verdaderas (DV) de los AAE oscilaron entre 33 y 59% y 60 y 85%, respectivamente, para el frijol negro. Para el frijol rojo estos resultados disminuyeron: 29 y 55% de DA y 64 y 81% de DV, mientras que para el frijol

Manuscrito modificado recibido: 31-01-89.

- 1 Esta investigación se llevó a cabo con fondos del Ministry of Overseas Development (Reino Unido) y del Bea/Cowpea Collaborative Research Support Program. Contó con la valiosa colaboración de los Dres: Roberto Gómez-Brenes, Luiz G. Elías y Delia Navarrete.
- 2 Egresada de la maestría de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala/INCAP. Actualmente funcionaria del Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA) en Tres Ríos, Costa Rica, C. A.
- 3 Coordinador de Investigación y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, en la época en que se efectuó este estudio.

blanco os límites se ampliaron: 18 y 57% de DA y 36 y 86% de DV. La valina resultó ser el AAE de menor disponibilidad biológica, y la lisina y la fenilalanina los más disponibles. Se sugiere que la baja digestibilidad de la valina puede deberse al desbalance aminoacídico existente en la proteína del frijol, ya que existe un exceso de isoleucina y leucina en relación a la valina.

Las razones de las DA y DV de los AAE respecto a las de los AANE fueron de 0.89 y 0.98 para el frijol negro, 0.89 y 0.96 para el rojo y 0.77 y 0.90 para el blanco, lo que indica que la disponibilidad biológica de los AANE es mayor a la de los AAE.

Se confirma que la *determinación biológica de la DV de la proteína permite predecir la DV de los AA*, pues se encontró una correlación positiva ($r = 0.93$), estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre ellos. Se recomienda utilizar el parámetro DV en vez del de DA para estimar la calidad de la proteína.

INTRODUCCION

Uno de los alimentos que constituyen fuente importante de proteína en la dieta del centroamericano es el frijol (*Phaseolus vulgaris*). Este contiene factores antinutricionales que disminuyen la digestibilidad de su proteína, la que a su vez es incompleta y, como resultado, su calidad no es óptima.

Se ha indicado que la calidad de una proteína está determinada por la capacidad que ésta tenga de satisfacer los requerimientos de aminoácidos (AA) y de nitrógeno del organismo. Esto depende de la composición aminoacídica y la digestibilidad de la proteína, de la adecuación de la dieta, y del estado fisiológico, nutricional y de salud del individuo que la consume.

Para evaluar la calidad de este nutriente existe gran diversidad de metodologías (1). Una de ellas es la que se basa en la determinación biológica de la disponibilidad de los AA que forman parte de la proteína. La forma más común de medirla es mediante dos procedimientos: la absorción de AA, y la medición del crecimiento en animales alimentados con la proteína de interés.

En el presente estudio se evaluó la disponibilidad biológica de los AA de tres variedades de frijol común, en humanos adultos mediante la técnica de absorción de AA (1) y el método de balance de nitrógeno de corto plazo (2). Para ello fue necesario determinar el patrón aminoacídico de los alimentos ofrecidos a los sujetos, así como en sus respectivas heces fecales. Asimismo, se correlacionó la digestibilidad de la proteína con la de los AA de cada color de frijol.

MATERIAL Y METODOS

El diseño del plan experimental, preparación de alimentos y estudio biológico utilizado, se describen en la primera de una serie de publicaciones (2) realizados sobre este tema.

Sujetos Experimentales

Por razones de costo y tiempo se seleccionó a cuatro individuos de los 12 estudiados, para calcular la biodisponibilidad de los AA. El criterio utilizado para la selección de los sujetos experimentales fue el de la digestibilidad de la

proteína del frijol, escogiéndose un individuo con alta, otro con baja y dos con digestibilidad intermedia. En la Tabla 1 se indican las características físicas de estos sujetos.

TABLA 1
CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUJETOS
EXPERIMENTALES SELECCIONADOS

Sujeto	Edad, años	Talla, cm	Peso kg	
			Inicial	Final
AG	33	169	59.4	59.2
AS	23	158	48.1	46.7
CP	25	160	51.7	50.3
DV	39	153	51.3	51.3
\bar{x}	30	160	52.6	51.9
\pm DE	6	5.8	4.2	4.6

Análisis Químicos

En la publicación antes mencionada (2) se describe la preparación de las muestras en el laboratorio para su posterior análisis químico. Se proporcionan detalles únicamente de lo que no ha sido descrito en la misma.

El patrón de aminoácidos de la proteína del frijol en dietas basales, en la dieta de bajo contenido proteínico, y en las heces fecales, se determinó mediante cromatografía de intercambio iónico. Para ello primeramente se hidrolizó la proteína con HCl 6 N en un horno caliente a 140°C durante dos horas. El hidrolizado se evaluó en un analizador Technicon, según la metodología desarrollada por Spackman, Stein y Moore (3, 4) modificada por Moore y Stein (5) y por Piez y Morris (6). Se reconoce, sin embargo, que este procedimiento destruye los AA azufrados.

El triptofano se estableció en las muestras por el método colorimétrico y enzimático modificado por Villegas (7).

Calculo de la Biodisponibilidad de los Aminoácidos

La biodisponibilidad o digestibilidad aparente y verdadera de los AA se estimó mediante las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Digestibilidad aparente de AA} = \frac{\text{AA ingerido} - \text{AA fecal excretado}^*}{\text{AA ingerido}} \times 100$$

$$\% \text{ Digestibilidad verdadera de AA} = \frac{\text{AA ingerido} - \text{excretado}^* - \text{fecal}}{\text{AA ingerido}} \times 100$$

(AA fecal - AA metabólico)

*De dietas con proteína de frijol.

**De dietas con bajo contenido de proteína.

La unidad de expresión utilizada para el AA ingerido y excretado fue: mg AA/kg de peso del individuo/día.

El AA ingerido se calculó a partir del patrón aminoacídico (mg AA/g N) respectivo, y de los mg de N ingerido/kg/día provenientes de la dieta basal. Del mismo modo, se calcularon los mg de AA excretados/kg/día, esto es, multiplicando los mg AA/g N por los mg N excretado/kg/día para cada AA, color de frijol, e individuo. Las materias fecales de la dieta de bajo contenido en nitrógeno sirvieron para establecer los niveles de aminoácidos de origen endógeno.

La digestibilidad de la proteína del frijol se calculó de la misma forma que la de los AA, sólo que en lugar de utilizar los mg AA/mg/d ingeridos y excretados, se usaron los mg N/kg/día.

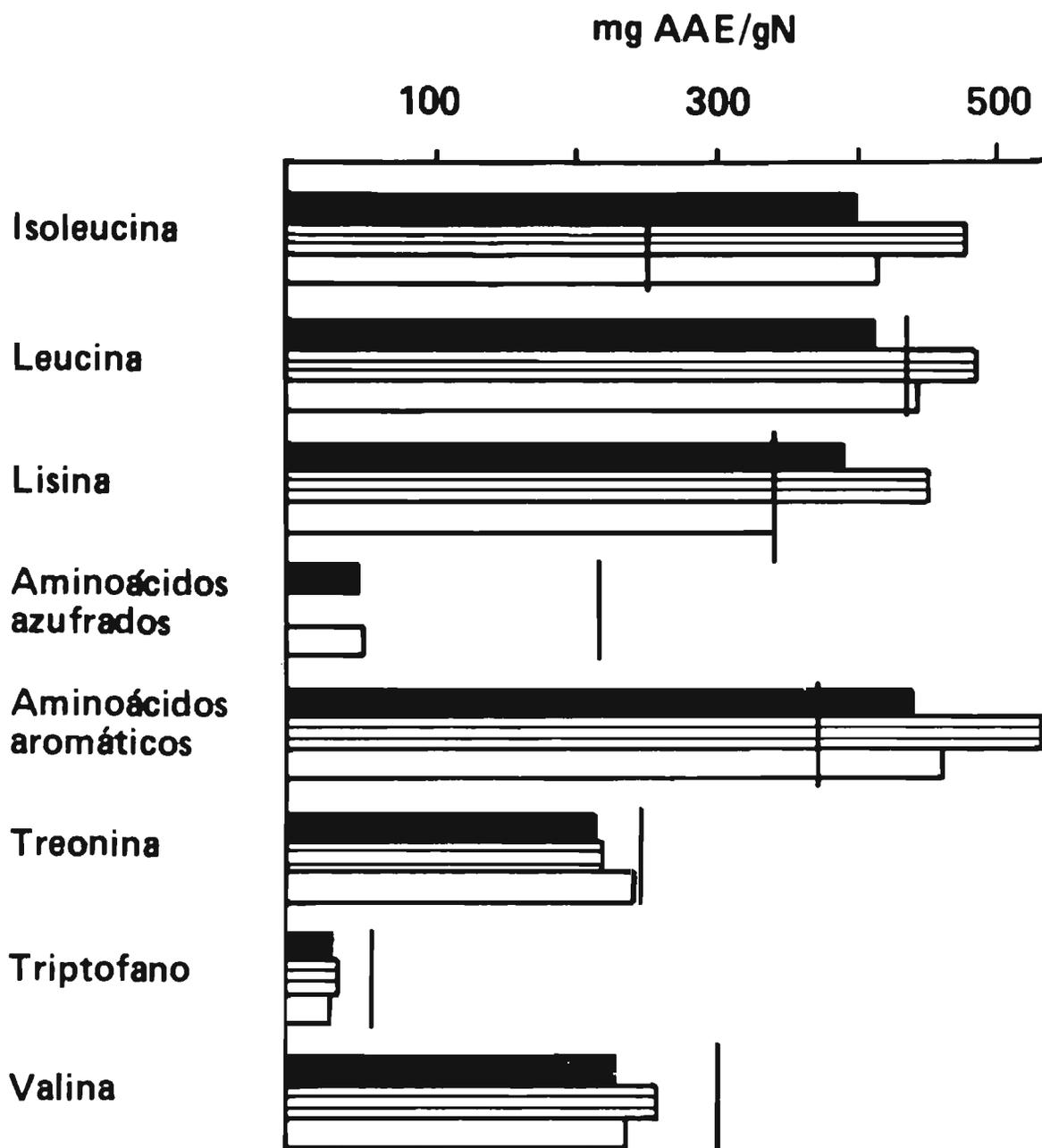
Análisis Estadístico

Para determinar hasta qué punto las variables se encontraban asociadas, se hizo uso del coeficiente de correlación de Pearson (r), y para establecer la significancia estadística de los coeficientes de correlación obtenidos, se utilizó la prueba de F (8).

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 1 y 2 se presenta en forma gráfica el patrón de aminoácidos esenciales (AAE) y de los aminoácidos no esenciales (AANE) para cada color de frijol. Se señala, mediante una línea vertical, el patrón de puntaje recomendado por FAO/OMS (9) para los AAE, el cual es apropiado para fines de detectar deficiencias o excesos de los aminoácidos esenciales.

Las tres variables de frijol difieren poco en su patrón de AA, por lo que no amerita una discusión al respecto. No obstante, al comparar la composición aminoacídica de las tres variables de frijol con la del patrón FAO/OMS (9), los AA limitantes de la proteína del frijol en orden decreciente son: la valina, el



(*) Frijol cocido negro: 3,58 gN/100g BS

rojo: 3,44 gN/100g BS

blanco: 3,96 gN/100g BS

| patrón de referencia FAO/OMS
para cada AA (9)

Incap 89-3

FIGURA 1

Patrón de aminoácidos esenciales (AAE) de tres variedades de frijol
(*Phaseolus vulgaris*) cocido *

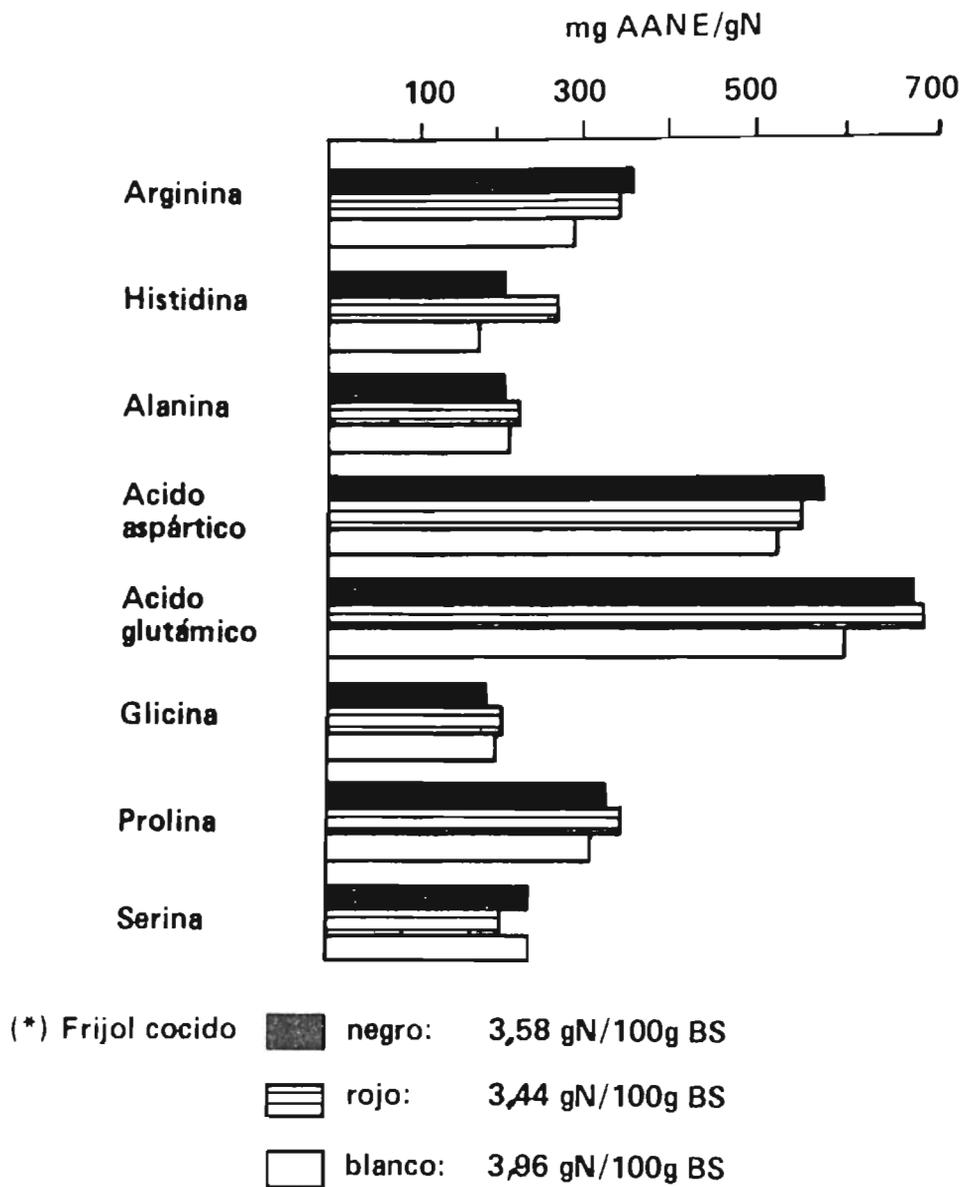


FIGURA 2

Incap 89-4

Patrón de aminoácidos no esenciales (AANE) de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) cocido.*

triptofano y la treonina. Debe tenerse en cuenta que no están considerados los aminoácidos azufrados, que según la literatura (1, 10), son los primeros AA limitantes de la proteína del frijol.

De aquellos AAE que superan el 100% de adecuación de la recomendación, la isoleucina, seguida por los aminoácidos aromáticos, son los que se encuentran en mayor cantidad de todos.

Desde el punto de vista nutricional, los AANE son poco importantes. A pesar de ello, se exponen sus patrones en las tres muestras de frijol cocido (Figura 2). Esto permite completar, hasta donde es posible, el patrón aminoacídico de la leguminosa.

En las Tablas 2, 3 y 4 se muestran los valores de ingesta, excreción y digestibilidad promedio de los AAE, en individuos alimentados con las variedades de frijol. El detalle se presenta únicamente para los AAE, y los AANE se indican como promedio, debido a su poco valor nutricional.

Según la Tabla 2, las ingestas de los AAE para el frijol negro oscilan entre 4.17 y 52.79 mg/kg/día, valores que corresponden al triptofano y la leucina,

TABLA 2

**INGESTA, EXCRECION Y DIGETIBILIDAD PROMEDIO DE AMINOACIDOS ESENCIALES
EN INDIVIDUOS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE *FRIJOL NEGRO***

AAE	Ingestión total mg AA/kg/d	Excreción		Digestibilidad, %	
		Frijol	DBN*	Aparente	Verdadera
Isoleucina	50.62 ± 1.54	25.60 ± 7.37	15.73 ± 3.16	49.2 ± 14.7	80.4 ± 9.1
Leucina	52.79 ± 1.61	22.79 ± 5.12	13.74 ± 2.73	56.6 ± 12.5	82.8 ± 7.0
Lisina	50.73 ± 1.55	21.42 ± 7.07	15.98 ± 4.42	57.5 ± 15.0	89.0 ± 20.0
Fenilalanina	38.83 ± 1.12	14.45 ± 3.82	8.47 ± 1.80	60.7 ± 11.1	83.8 ± 6.4
Tirosina	18.76 ± 0.62	10.86 ± 3.60	6.94 ± 1.66	41.6 ± 21.2	78.9 ± 11.6
Treonina	28.31 ± 0.86	13.74 ± 3.72	7.63 ± 1.28	51.2 ± 14.3	78.3 ± 10.3
Triptofano	4.17 ± 0.36	2.67 ± 1.14	1.88 ± 0.45	33.0 ± 26.2	81.8 ± 22.4
Valina	29.55 ± 0.90	29.82 ± 11.40	9.03 ± 6.00	29.1 ± 39.9	59.8 ± 32.1

* DBN = Dieta de bajo contenido de nitrógeno.

TABLA 3**INGESTA, EXCRECION Y DIGESTIBILIDAD PROMEDIO DE AMINOACIDOS ESENCIALES
EN INDIVIDUOS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE *FRIJOL ROJO***

AAE	Ingestión total mg AA/kg/d	Excreción		Digestibilidad, %	
		Frijol mg AA/kg/d	DBN*	Aparente	Verdadera
Isoleucina	52.17 ± 1.42	28.04 ± 3.43	15.73 ± 3.43	46.3 ± 5.6	76.4 ± 2.7
Leucina	53.40 ± 1.45	24.34 ± 2.06	13.74 ± 2.73	54.5 ± 2.7	80.2 ± 2.8
Lisina	50.16 ± 1.37	23.07 ± 8.94	15.98 ± 4.42	54.2 ± 17.1	86.1 ± 25.0
Fenilalanina	37.90 ± 1.04	16.43 ± 3.51	8.47 ± 1.84	56.8 ± 8.1	79.1 ± 4.9
Tirosina	19.21 ± 0.52	12.24 ± 2.55	6.94 ± 1.64	36.5 ± 11.4	72.5 ± 5.2
Treonina	25.05 ± 0.70	14.77 ± 1.44	7.63 ± 1.28	41.1 ± 4.1	71.6 ± 6.5
Triptofano	4.33 ± 0.14	3.08 ± 1.03	1.88 ± 0.45	29.0 ± 23.4	72.4 ± 14.9
Valina	28.59 ± 0.78	19.43 ± 10.1	9.03 ± 5.98	32.6 ± 33.0	64.1 ± 34.8

* DBN = Dieta de bajo contenido de nitrógeno.

TABLA 4

**INGESTA, EXCRECION Y DIGESTIBILIDAD PROMEDIO DE AMINOACIDOS ESENCIALES
EN INDIVIDUOS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE FRIJOL BLANCO**

AAE	Ingestión total mg AA/kg/d	Excreción		Digestibilidad, %	
		Frijol	DBN*	Aparente	Verdadera
Isoleucina	43.83 ± 3.12	24.76 ± 4.01	15.98 ± 4.42	43.3 ± 9.3	79.8 ± 3.4
Leucina	55.24 ± 3.92	21.59 ± 1.88	13.74 ± 2.73	60.9 ± 3.1	85.9 ± 2.7
Lisina	48.83 ± 3.12	24.76 ± 4.01	15.98 ± 4.42	43.3 ± 9.3	78.8 ± 3.4
Fenilalanina	38.05 ± 2.71	13.59 ± 3.89	8.47 ± 1.84	64.5 ± 8.6	86.9 ± 7.5
Tirosina	10.40 ± 1.30	10.89 ± 3.04	6.94 ± 1.64	41.0 ± 14.6	78.7 ± 7.5
Treonina	30.84 ± 2.19	12.43 ± 1.25	7.63 ± 1.28	59.6 ± 3.6	84.5 ± 3.0
Triptofano	4.54 ± 0.08	3.21 ± 0.45	1.88 ± 0.45	29.3 ± 9.7	70.7 ± 9.9
Valina	30.01 ± 2.13	22.21 ± 6.13	9.03 ± 5.98	25.6 ± 21.3	55.9 ± 12.2

* DBN = Dieta de bajo contenido de nitrógeno.

respectivamente. Aun cuando se aprecia baja variabilidad entre individuos en el consumo de cada AA, la variabilidad de las excreciones de AA fue mayor del 12%, sobrepasando en algunos casos el 100%. La digestibilidad aparente (DA) y verdadera (DV) de los AA osciló entre 29.1 y 60.7% y 59.8 y 89.0%, respectivamente, para el frijol negro.

La biodisponibilidad aparente más baja fue el de la valina (29.1%) y la más alta correspondió a fenilalanina (60.7%). En cuanto a la biodisponibilidad verdadera, la valina dio un valor de 59.8% mientras que para la lisina el valor fue de 89.0%.

De acuerdo con la Tabla 3, la DA de los AAE del frijol rojo fluctúan entre 29.0 y 56.8%, la verdadera, entre 64.1 y 86.1%. Como lo indican estos datos, el AA menos disponible en el frijol rojo es la valina, y el más disponible, la lisina.

Para el frijol blanco (Tabla 4), los valores de digestibilidad aparente y verdadera de los AAE varían entre 25.6 y 64.5%, y 55.9 y 86.9%, respectivamente. A partir de estos datos, se deduce que el AAE menos disponible es la valina, y el más digerible la fenilalanina.

A pesar de que se trató de reducir al máximo las diferencias biológicas entre individuos, se encontraron sujetos que absorbían los AA mejor que el resto de sus compañeros.

La variabilidad en cuanto a digestibilidad podría estar asociada a la microflora del aparato digestivo de los individuos incluidos en el estudio. Existe consenso en el sentido que cuando la digestibilidad es reducida como lo es en el caso del frijol, la actividad microbiológica aumenta, y de esta manera, influye sobre el contenido de aminoácidos. No obstante, con el frijol el tiempo de residencia en el aparato digestivo tiende a ser menor, lo que no permite un incremento en la actividad microbiológica.

En las tres variedades de frijol, la valina resultó ser el AAE con la menor digestibilidad, con un promedio para los tres colores de frijol de 59.4%. Esto puede deberse a un posible desbalance existente entre los AA del frijol, pues hay un exceso de isoleucina y leucina respecto a la valina.

El aminoácido más disponible para los frijoles negro y rojo fue la lisina; y para el blanco, la fenilalanina. Sin embargo, la disponibilidad promedio del aminoácido lisina para los tres frijoles fue de 84.6%. Este hallazgo es de interés, y explica el efecto suplementario significativo del frijol a los cereales. Es importante, por consiguiente, que el procesamiento del frijol no disminuya la biodisponibilidad de este aminoácido. Asimismo, es importante también que los programas de mejoramiento genético para aumentar la producción de frijol, no lo hagan a expensas de este aminoácido.

Los valores de ingesta, excreción y digestibilidad promedio de AAE y AANE en los individuos alimentados a base de frijol negro, rojo y blanco, respectivamente, se dan a conocer en las Tablas 5 a 7. En las tres variedades se observan ingestas promedio de AANE superiores a las de los AAE; del mismo modo, sus excreciones fueron mayores, aunque no en el caso del frijol blanco. Tanto la DA como la DV promedio de los AANE en los tres colores de frijol, fue siempre mayor a la de los AAE. Estas diferencias se observan principalmente en el frijol blanco (Tabla 7), en el que la razón de DA y DV de los AAE:AANE respectivas fueron de 0.77 y 0.90. En el caso de los frijoles colorados, la razón de DV de los AA difiere poco.

En vista que la cuantificación de los aminoácidos es mucho más laboriosa

TABLA 5

**INGESTION, EXCRECION Y DIGESTIBILIDAD PROMEDIO
DE AAE Y AANE* EN INDIVIDUOS ALIMENTADOS
A BASE DE FRIJOL NEGRO**

	AAE*	AANE*	AAE/AANE
ingestión total**	32 ± 15	42 ± 21	
Excreción fecal total**	16 ± 9	19 ± 10	
Excreción fecal endógena**	10 ± 5	11 ± 4	
% digestibilidad aparente	47 ± 19	52 ± 18	0.89
% digestibilidad verdadera	78 ± 17	80 ± 16	0.98

* AAE= Aminoácidos esenciales.
AANE= Aminoácidos no esenciales.

** mg AA/kg/d.

TABLA 6

**INGESTION, EXCRECION Y DIGESTIBILIDAD PROMEDIO
DE AAE Y AANE* EN INDIVIDUOS ALIMENTADOS A BASE
DE FRIJOL ROJO**

	AAE*	AANE*	AAE/AANE
Ingestión total**	34 ± 17	40 ± 19	
Excreción fecal total**	18 ± 9	19 ± 8	
Excreción fecal endógena**	10 ± 5	11 ± 4	
% digestibilidad aparente	44 ± 16	50 ± 15	0.89
% digestibilidad verdadera	74 ± 14	77 ± 11	0.96

* AAE= Aminoácidos esenciales.
AANE= Aminoácidos no esenciales.

** mg AA/kg/d.

TABLA 7

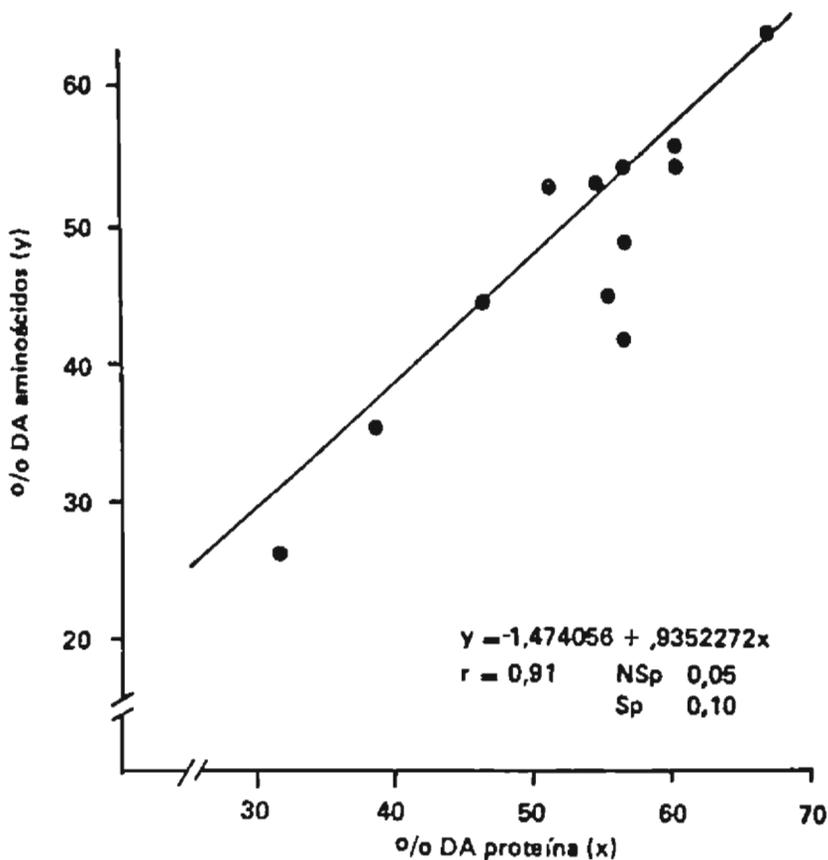
**INGESTION, EXCRECION Y DIGESTIBILIDAD PROMEDIO
DE AAE Y AANE* EN INDIVIDUOS ALIMENTADOS CON DIETAS
A BASE DE FRIJOL BLANCO**

	AAE*	AANE*	AAE/AANE
Ingestión total**	31 ± 15	37 ± 18	
Excreción fecal total**	17 ± 8	16 ± 6	
Excreción fecal endógena**	10 ± 5	11 ± 4	
% digestibilidad aparente	41 ± 19	54 ± 13	0.77
% digestibilidad verdadera	76 ± 12	84 ± 12	0.90

* AAE= Aminoácidos esenciales.

AANE= Aminoácidos no esenciales.

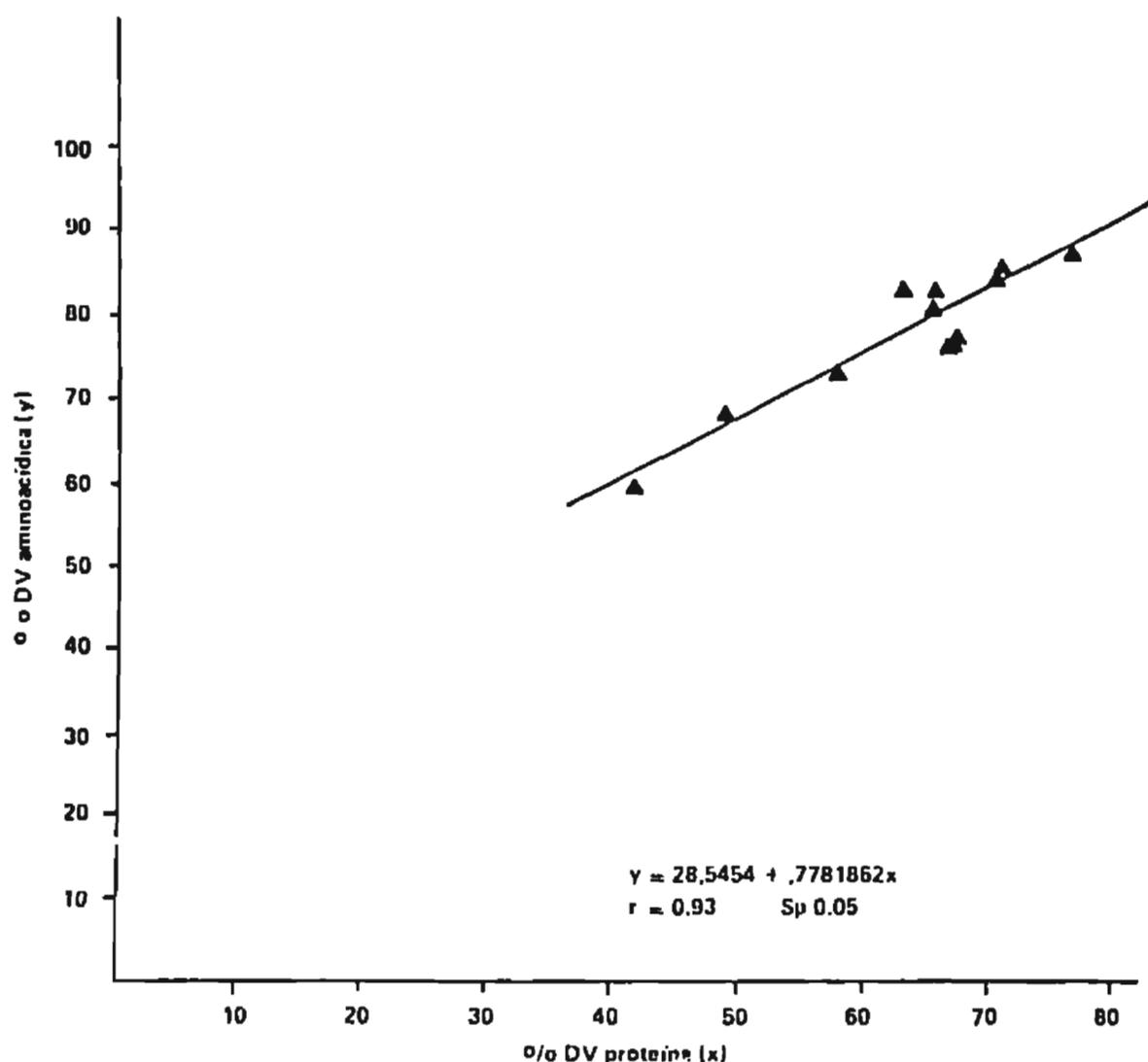
** mg AA/kg/d.



Incap 89-2

FIGURA 3

Regresión lineal entre la digestibilidad aparente (DA) de la
proteína y la DA aminoacídica



Incap 89-1

FIGURA 4

Regresión lineal entre la digestibilidad verdadera (DV) de la proteína y la DV aminoacídica

y costosa que la cuantificación de la proteína total, se correlacionó la digestibilidad de la proteína con la digestibilidad aminoacídica promedio. De este modo, se pretende que la primera pueda utilizarse como un buen sustituto de la segunda. Ambas digestibilidades (proteínica y aminoacídica) se expresan en forma aparente (Figura 3) y en forma verdadera (Figura 4).

En la Figura 3 se indica que la correlación entre las digestibilidades aparentes de la proteína y de todos los aminoácidos fue positiva, de 0.91, y que no fue estadísticamente significativa ($P < 0.05$). Cuando la digestibilidad se corrige por los aminoácidos endógenos (Figura 4), la correlación siempre es positiva, aumenta a 0.93, y presenta significancia estadística al nivel de 5%. Dicho hallazgo confirma lo informado en la literatura (1): "La DV de los AA es en la mayoría de los casos aproximadamente la misma que la DV del nitrógeno total de la dieta en cuestión". Esta confirmación tiene aplicación práctica, pues permite recomendar la utilización del parámetro digestibilidad de la proteína, en vez de la digestibilidad promedio de los aminoácidos para evaluar la calidad de la proteína. Además, se señala que la expresión de la digestibilidad debe corregirse por el nitrógeno endógeno para obtener un resultado más acorde con la realidad fisiológica.

CONCLUSIONES

A pesar de la variabilidad en cuanto a la biodisponibilidad de aminoácidos encontrada entre sujetos y variedades de frijol, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se confirma el hecho que la determinación biológica de DV de la proteína permite predecir la DV de los AA.
2. La valina fue el AAE menos disponible de la proteína del frijol.
3. Los AAE de la proteína del frijol más disponibles son la lisina y la fenilalanina.
4. En general, la disponibilidad biológica de los AANE es mayor que la de los AAE.

SUMMARY

AMINO ACIDS BIOAVAILABILITY IN BEANS

(Phaseolus vulgaris)

Biological availability of amino acids of three common bean (*Phaseolus vulgaris*) varieties was evaluated in four, healthy adult subjects, consuming bean-based diets by the amino acid absorption technique and the short-term nitrogen balance method.

The amino acid composition was determined according to the ionic interchange method, and tryptophan was estimated by a colorimetric procedure.

The essential amino acid (EAA) and non-essential amino acid (NEAA) pattern suggests that no significant differences in content exists in the three bean varieties. When the EAA patterns were compared with those of FAO/WHO, the limiting AA in decreasing order were found to be: tryptophan, valine and threonine (sulfur AA are not considered because the hydrolysis used in this study destroys them); and the AA surpassing the reference pattern were the aromatic AA and isoleucine.

Apparent (AD) and true (TD) digestibilities of the EAA fluctuated between 33 and 59% and 60 and 85%, respectively, for black beans. With red beans, these results diminished: 29 and 55% AD and 64 and 81% TD, while for white beans the limits extended: 18 and 57% AD and 36 and 86% TD. Valine proved to be the EAA of lower biological availability, and lysine and phenylalanine the most available. It is suggested that the low digestibility of valine could be due to the amino acid imbalance existing in the bean protein, since this contains an excess of isoleucine and leucine in relation to valine.

The AD and TD of the AAE with respect to the NEAA were of 0.89 and 0.98 for black bean, 0.89 and 0.96 for the red and 0.77 and 0.90 for the white, which indicates that biological availability of the NEAA is higher than that of the EAA.

Findings thus confirm that *biological determination of the TD of protein permits prediction of the TD of the AA*, since a positive correlation ($r = 0.93$) statistically significant was found ($p < 0.05$) among them. Utilization of the TD parameter instead of that of AD to estimate the protein quality is therefore recommended.

BIBLIOGRAFIA

1. Pellet, L. & V. R. Young (Eds.) **Evaluación Nutricional de Alimentos Proteínicos**. Informe de un grupo de trabajo auspiciado por la Unión Internacional de Ciencias Nutricionales y por el Programa Mundial Contra el Hambre, de la Universidad de las Naciones Unidas. Tokio, Japón, Universidad de las Naciones Unidas, 1980 (Traducción directa del original en inglés "Nutritional Evaluation of Protein Foods"), p.43, 59-60 y 159.
2. Blanco, A., D. A. Navarrete, R. Bressani, J. E. Braham, R. Gómez-Brenes & L. G. Elías. Composición química y evaluación de la calidad de la proteína del frijol en humanos adultos por el método de balance nitrogenado de corto tiempo. *Arch. Latinoamer.Nutr.*, 36 (1): 79-97, 1986.
3. Moore, S., H. Spáckman & W. H. Stein. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. *Anal. Chem.*, 30: 1185-1190, 1958.
4. Spackman, D. G., W. H. Stein & S. Moore. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30: 1190-1205, 1958.
5. Moore, S. & W. H. Stein. Procedures for the chromatographic determination of amino acids on four percent cross-linked sulfonated polystyrene resins. *J. Biol. Chem.*, 211: 893-906, 1954.
6. Piez, K. H. & L. Morris. A modified procedure for automatic analysis of amino acids. *Anal. Biochem.*, 1: 187-201, 1960.
7. Villegas, E. An integral system for chemical screening of quality protein maize. In: **High Quality Protein Maize**. New York, N. Y., Halsted Press, a Division of John Wiley & Sons, 1975.
8. Downie, N. M. & R. W. Heath. **Métodos Estadísticos Aplicados**. México, Harla, S. A. de C. V., 1973, 373 p.
9. FAO/OMS. **Necesidades de Energía y de Proteínas**. Informe de un Comité Especial Mixto FAO/OMS de Expertos. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 1973. (Serie de Informes Técnicos de la OMS No. 522; Serie de Reuniones sobre Nutrición de la FAO No. 52).
10. **Amino Acids Content of Foods and Biological Data on Proteins**. Rome, Food and Agriculture Organization, 1970 (FAO Nutritional Studies No. 24).