



EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEÍNICA DE VARIAS LEGUMINOSAS DE GRANO USANDO DIVERSOS METODOS BIOLOGICOS¹

Ricardo Bressani² y Luiz G. Elías³

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

RESUMEN

Se estudió, en ratas Wistar recién destetadas, el valor proteínico de diferentes leguminosas de grano usando los métodos de índice de eficiencia proteínica (PER), utilización proteínica neta (NPU)⁴, valor biológico (VB), balance de nitrógeno (BN) y digestibilidad de la proteína, respectivamente. En el caso de la utilización proteínica neta, ésta fue determinada a partir del análisis del carcás de la rata, así como del contenido de nitrógeno de la pata trasera. Las muestras fueron evaluadas a un 10% de proteína en la dieta, sin y con suplemento de metionina. En el frijol negro (*Phaseolus Vulgaris*) l.c. se le determinó el efecto de concentración proteínica de la dieta sobre los valores de calidad, según los métodos antes indicados.

Los resultados revelaron buenas correlaciones de los valores de calidad entre los diversos métodos utilizados, indicando así que con cualquiera de ellos es factible diferenciar la calidad de la proteína. Se confirmó asimismo, que la utilización proteínica neta puede ser calculada con la misma exactitud analizando el contenido de nitrógeno del carcás o de la pata del animal.

- 1 Este trabajo se llevó a cabo con fondos de la Research Corporation, Nueva York, Estados Unidos de América (Subvención No. 740). Su desarrollo estuvo a cargo de los siguientes estudiantes del Curso de Posgrado de Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal que dirige el Dr. J. Edgar Braham: Emilio Vargas, Luis Daqui, Vera Roque de Daqui, María Elena Ordóñez, Carlos Argueta y Miguel Hernández.
- 2 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.
- 3 Científico de la misma División.

A pesar de que en el presente estudio los análisis se efectuaron a los 28 días de experimentación, desde el punto de vista de un procedimiento rápido, de bajo costo y cuya aplicación requiere poca cantidad de muestra, se llegó a la conclusión de que el método del NPU tradicional de 10 días, y analizando por nitrógeno la pata en vez del carcás, puede ser muy útil en programas que persiguen el mejoramiento nutricional de leguminosas de grano.

En el transcurso de los últimos años se ha reconocido la importancia de las leguminosas de grano como fuentes de proteína para el hombre^(1,2). Por este motivo y en vista de que se sabe que éstas contienen varios factores limitantes como son los antifisiológicos^(1,3,4) y que son deficientes en aminoácidos azufrados⁽²⁾, se ha señalado la necesidad de que en el desarrollo de programas de mejoramiento agronómico las leguminosas sean seleccionadas no sólo en base a su rendimiento, sino también a partir de su valor nutritivo. Esto último requiere métodos sencillos y pequeñas cantidades de muestra que permitan obtener resultados confiables en un corto período de tiempo.

El presente trabajo tuvo por objeto evaluar varios métodos de uso común con el fin de determinar la calidad de la proteína y poder así seleccionar aquéllos que satisfagan las condiciones requeridas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en ratas Wistar de la colonia animal del INCAP, y para la elaboración de las dietas se utilizaron varias especies de leguminosas de grano, la mayor parte de consumo habitual en América Latina. Estas fueron: frijol común (*Phaseolus vulgaris*), caupí (*Vigna sinensis*), gandul (*Cajanus cajan*) y soya (*Glycine max*) que, por ser obtenidas en el mercado, no pueden identificarse por su nombre varietal. Los granos se sometieron a cocimiento en la forma ya descrita⁽⁵⁾ para eliminar factores antinutricionales. Brevemente el proceso consistió en un período de remojo en agua por 18 horas, seguido de cocción en autoclave por 20 minutos a 16 lb de presión (120°C). Finalmente el material se deshidrató a 70°C. Las harinas preparadas a partir de los granos cocidos presentaron la composición química que se señala en la Tabla 1.

TABLA 1

COMPOSICION QUIMICA DE LAS LEGUMINOSAS USADAS
g/100 g

Producto	Humedad	Grasa	Fibra cruda	Nitrógeno	Cenizas
Frijol negro	9.5	1.8	4.6	3.684	3.9
Frijol blanco	6.1	1.6	6.2	4.330	4.3
Frijol colorado	7.1	1.6	4.3	3.306	3.8
Caupí	8.3	2.0	5.9	4.719	3.9
Harina de soya	9.7	1.5	3.2	8.306	5.9
Gandul	5.9	1.8	3.2	3.320	3.3
Caseína	10.6	0.3	-	13.629	1.1
Dextrina	12.6	0.2	-	0.096	0.3

TABLA 2

**DISEÑO EXPERIMENTAL Y CONTENIDO DE HARINAS PRECOCIDAS
DE LEGUMINOSAS DE GRANO EN LAS DIETAS**

No. de dieta	Leguminosa de grano	Proteína en la dieta g/100 g	Harina de leguminosa en la dieta * g/100 g
1	Ph. vulgaris (negro)	5	21.7
2	Ph. vulgaris (negro)	10	43.5
3	Ph. vulgaris (negro)	15	65.2
4	Ph. vulgaris (negro)	20	86.9
5	Caseína	10	(11.7)
6	Dieta libre de nitrógeno	0	—
7	Ph. vulgaris (negro)	10	43.5
8	Ph. vulgaris + DL-met.**	10	43.5
9	Ph. vulgaris (blanco)	10	37.0
10	Ph. vulgaris + DL-met.	10	37.0
11	Ph. vulgaris (rojo)	10	47.6
12	Ph. vulgaris + DL-met.	10	47.6
13	V. sinensis (crema).	10	34.0
14	V. sinensis + DL-met.	10	34.0
15	C. cajan (crema)	10	48.1
16	C. cajan + DL-met.	10	48.1
17	C. cajan + L-trip.***	10	48.1
18	C. cajan + DL-met. + DL-trip.	10	48.1
19	G. max. (harina de soya)	10	19.3
20	G. max. + DL-met.	10	19.3
21	G. max. + DL-treo.	10	19.3
22	G. max. + DL-met. + DL-treo.****	10	19.3

* Las dietas contenían, además: minerales, 4.0 %; aceite vegetal, 5.0 %; aceite de hígado de bacalao, 1.0 % y almidón para ajustar a 100 %. Ajeno a ello, se les agregó un suplemento vitamínico completo.

** DL-metionina: 0.20 %

*** L-triptofano: 0.10 %

**** DL-Treonina: 0.20 %

El diseño del estudio, así como el contenido de proteína y de harina de leguminosas de grano de las 22 dietas investigadas constan en la Tabla 2. El nivel proteínico fue de 10%, con excepción de las dietas 1, 3 y 4, con 5, 15 y 20%, respectivamente. También se utilizó una dieta control (cascina), y otra libre de nitrógeno. Las dietas fueron suplementadas en la forma descrita al pie de la citada Tabla. Cada dieta fue administrada a 6 ratas recién destetadas (3 hembras y 3 machos), cuyo peso promedio era de 54 gramos.

El experimento duró 28 días, registrándose semanalmente el peso y el consumo de alimento. Después de 21 días de iniciado el ensayo se recolectaron las heces y la orina de las ratas macho durante 4 días, esta última usando papel absorbente empapado en ácido bórico. Las heces fueron recogidas diariamente, refrigeradas, secadas y molidas para analizar su contenido de nitrógeno, el cual también se determinó en la orina. Con estos datos se calculó el valor biológico, el balance de nitrógeno, y la digestibilidad proteínica de las diferentes leguminosas de grano.

Al término de los 28 días los animales fueron sacrificados, separando el hígado y la pata trasera derecha de cada rata. Tanto el resto del cuerpo del animal como la pata trasera derecha fueron deshidratados y molidos, sometiéndose luego a análisis de nitrógeno.

La utilización proteínica neta (NPU) fue calculada a partir de los análisis de N del carcás y de la pata del animal. También se calculó el índice de eficiencia proteínica (PER) para ese mismo período.

RESULTADOS

En la Tabla 3 se exponen los datos referentes a ganancia de peso, ingesta de alimento, y peso del carcás y del hígado. El incremento de proteína del frijol de 5 a 20% indujo aumentos ponderales de 9 hasta 109 g en el término de 28 días. Este incremento proteínico también causó un aumento en el consumo de alimento y en el peso del hígado.

TABLA 3

**INGESTA DE ALIMENTO, AUMENTO DE PESO, Y PESO DEL CARCAS Y DEL HIGADO DE RATAS
ALIMENTADAS CON VARIAS LEGUMINOSAS DE GRANO ***

Leguminosa de grano	Nivel de Proteína en la dieta g/100 g	Aumento pro- medio de peso g	Ingesta prome- dio de alimento g	Peso promedio del carcás g	Peso promedio del hígado g
Frijol negro	5	9	213	20.85	3.13
Frijol negro	10	47	301	30.74	3.93
Frijol negro	15	79	362	30.21	5.91
Frijol negro	20	109	340	47.77	6.83
Cascína	10	138	449	70.34	8.59
Dieta libre de nitrógeno	0	-14	146	12.30	1.72
Frijol negro	10	54	329	36.18	4.69
Frijol negro + metionina	10	115	417	54.30	7.37
Frijol blanco	10	23	227	22.90	3.59
Frijol blanco + metionina	10	116	438	57.91	7.69
Frijol rojo	10	13	207	21.44	2.74
Frijol rojo + metionina	10	92	392	43.04	6.57
Caupí	10	60	316	36.30	4.65
Caupí + metionina	10	122	428	60.30	7.98
Gandul	10	29	261	27.50	2.98
Gandul + metionina	10	41	296	24.40	3.77
Gandul + triptofano	10	37	260	26.00	3.38
Gandul + met. + trip	10	97	414	46.50	5.63
Harina de soya	10	64	343	34.93	4.45
Harina de soya + metionina	10	117	436	59.36	6.23
Harina de soya + treonina	10	65	352	33.83	4.55
Harina de soya + met. + treon	10	122	427	61.06	6.96

* Período experimental: 28 días.

La misma Tabla muestra también los resultados obtenidos con las otras leguminosas de grano. Según se observa, en todos los casos se constató una mayor ganancia en peso, en consumo de alimento y en el peso del hígado de los animales alimentados con las respectivas leguminosas, suplementadas con metionina. Los resultados muestran claramente que para el frijol común, el caupí y la soya, la metionina es el aminoácido limitante, mientras que para el gandul, además de la metionina, el triptofano es igualmente limitante.

Cabe subrayar la alta correlación encontrada entre el peso del hígado y el peso del carcás ($r = 0.94$).

El porcentaje promedio del contenido de agua en el carcás fue de 65.9 ± 0.7 , y en la pata de 61.0 ± 1.2 , con una correlación de 0.57.

La Tabla 4 resume el contenido de nitrógeno en el carcás y en la pata de las ratas alimentadas con las diversas leguminosas. Según revelan los datos, el contenido de nitrógeno de la pata guarda estrecha relación con el del carcás, por lo que se deduce que es factible utilizar la pata como representativa del contenido de nitrógeno corporal. La regresión del nitrógeno del carcás al nitrógeno de la pata fue: $Y = 3.377 + 0.604 X$, con una correlación de 0.63.

A partir de los datos obtenidos se calculó el índice de eficiencia proteínica y la utilización proteínica neta, tanto de los valores de nitrógeno del carcás como de la pata. Los datos resultantes se reseñan en la Tabla 5. En cuanto al nivel proteínico de la dieta, el valor máximo para el PER se encontró a un nivel aproximado de 10% de proteína. Sin embargo, en el caso de la NPU, tanto la calculada del nitrógeno del carcás como de la pata acusaron valores que disminuyeron conforme el nivel proteínico se aumentaba. La adición de metionina a todas la leguminosas de grano elevó el índice de eficiencia proteínica, y en el caso del *Cajanus cajan* ese aumento fue significativo al suplementarse con metionina y triptofano. El mejoramiento en calidad proteínica, sin embargo, no fue de la misma magnitud entre las diversas leguminosas estudiadas. El mismo efecto de la metionina fue observado en la NPU calculada tanto del nitrógeno del carcás como del de la pata. No

TABLA 4

CONTENIDO DE NITROGENO EN EL CARCAS Y EN LA PATA
DE RATAS ALIMENTADAS CON LEGUMINOSAS DE GRANO

Fuente de proteína	Nitrógeno en la dieta g/100 g	Nitrógeno en el carcás g/100 g	Nitrógeno en la pata trasera derecha g/100 g
Frijol negro	0.85	8.40	8.24
Frijol negro	1.61	8.25	8.15
Frijol negro	2.71	9.46	8.99
Frijol negro	3.22	9.72	9.50
Caseína	1.66	8.44	7.98
Dieta libre de nitrógeno	0.10	9.08	8.40
Frijol negro	1.62	7.56	9.23
Frijol negro + metionina	1.65	9.15	8.05
Frijol blanco	1.71	8.50	7.96
Frijol blanco + metionina	1.71	7.97	8.52
Frijol rojo	1.66	8.42	8.47
Frijol rojo + metionina	1.68	8.46	8.91
Caupí	1.71	7.28	7.24
Caupí + metionina	1.67	7.88	7.68
Gandul	1.62	7.60	7.60
Gandul + metionina	1.64	7.92	7.64
Gandul + triptofano	1.62	8.00	7.32
Gandul + met. + trip	1.67	8.00	7.36
Harina de soya	1.78	7.53	7.38
Harina de soya + metionina	1.60	7.74	7.60
Harina de soya + treonina	1.78	7.91	7.48
Harina de soya + met. + treo	1.62	8.03	7.38
Promedio	—	8.24 ± 0.16	8.05 ± 1.34

obstante, es de interés destacar que para el *Cajanus cajan* la adición de metionina redujo la utilización proteínica neta pero no el PER, mientras que el agregado de metionina y triptofano indujo un incremento. En ningún caso se pudo superar los valores de calidad proteínica de la caseína. Los datos de NPU entre el carcás y la pata dieron una correlación de 0.98 ($Y = 1.943 + 0.943 X$), y la correlación entre el NPU y el PER fue de 0.87.

TABLA 5

RELACIONES ENTRE NPU DEL CARCAS Y DEL CONTENIDO
DE NITROGENO EN LA PATA, Y EL PER DE LA PROTEINA DE
LAS LEGUMINOSAS DE GRANO

Fuente de proteína	Nitrógeno en la dieta g/100 g'	NPU		
		Carcás	Pata	PER
Frijol negro	0.85	38.1	40.5	1.11
Frijol negro	1.61	33.0	34.1	1.63
Frijol negro	2.71	25.6	24.6	1.59
Frijol negro	3.22	27.6	27.4	1.50
Caseína	1.66	59.8	56.4	3.16
Frijol negro	1.62	30.7	32.5	1.63
Frijol negro + metionina	1.65	47.9	45.4	2.84
Frijol blanco	1.71	26.1	25.0	0.94
Frijol blanco + metionina	1.71	46.9	50.5	2.67
Frijol rojo	1.66	24.7	25.0	0.70
Frijol rojo + metionina	1.68	40.6	43.4	2.33
Caupí	1.71	33.4	34.6	1.79
Caupí + metionina	1.67	53.5	52.9	2.90
Gandul	1.62	35.8	38.1	1.13
Gandul + metionina	1.64	22.6	22.8	1.51
Gandul + triptofano	1.62	32.7	30.2	1.29
Gandul + metionina + trip	1.67	45.3	41.8	2.22
Harina de soya	1.78	26.6	27.1	1.67
Harina de soya + metionina	1.60	46.6	46.6	2.71
Harina de soya + treonina	1.78	31.2	29.8	1.69
Harina de soya + met. + treo	1.62	51.0	47.0	2.82

TABLA 6

**RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LA CALIDAD PROTEINICA DE ALGUNAS LEGUMINOSAS
POR DIFERENTES METODOS BIOLOGICOS**

Dieta No.		PER	VB %	NPU (Carcás) %	NPU (Pata) %	BN g N/balan.	Digestibi- lidad pro- teínica (aparente) %	Digestibi- lidad pro- teínica (verdadera) %
1	Frijol negro (5%proteína)	1.11	58.40	38.10	40.50	0.111	78.00	82.99
2	Frijol negro (10%Proteína)	1.63	53.20	33.00	34.10	0.266	75.79	77.53
3	Frijol negro (15% proteína)	1.59	56.70	25.50	24.60	0.602	75.57	76.36
4	Frijol negro (20% proteína)	1.50	50.90	27.60	27.40	0.886	77.44	77.96
5	Caseína	3.16	67.90	59.30	56.40	0.809	93.26	94.20
6	Dieta libre de nitrógeno	—	—	—	—	0.010	—	—
7	Frijol negro	1.63	—	30.68	32.50	—	85.66	86.44
8	Frijol negro + metionina	2.84	—	47.93	45.36	—	71.90	73.08
9	Frijol blanco	0.94	—	26.07	25.02	—	82.82	84.22
10	Frijol blanco + metionina	2.67	—	46.90	50.46	—	83.03	83.56
11	Frijol rojo	0.70	—	24.66	24.96	—	78.38	79.87
12	Frijol rojo + metionina	2.33	—	40.64	43.44	—	77.85	78.49
13	Caupí	1.79	53.60	33.40	34.60	0.294	77.80	79.30
14	Caupí + metionina	2.90	78.80	53.50	52.90	0.695	82.50	83.80
15	Gandul	1.13	69.17	35.80	38.10	0.198	70.50	73.00
16	Gandul + metionina	1.51	74.39	32.60	22.80	0.390	73.40	75.00
17	Gandul + triptofano	1.29	65.84	32.70	30.20	0.201	66.10	68.40
18	Gandul met. + triptofano	2.22	81.21	45.30	41.80	0.725	84.80	86.00
19	Harina de soya	1.67	64.00	26.60	27.10	0.405	82.10	83.60
20	Harina de soya + metionina	2.71	75.00	46.60	46.60	0.754	81.50	82.30
21	Harina de soya + treonina	1.69	67.70	31.20	29.80	0.514	83.20	84.20
22	Harina de soya + met. + treon	2.82	80.60	51.00	47.00	0.890	76.90	79.80

Los datos referentes a PER, NPU, balance de nitrógeno, valor biológico y digestibilidades aparente y verdadera de las diferentes leguminosas de grano, se resumen en la Tabla 6.

En lo concerniente al valor biológico, se encontró que éste tendía marcadamente a disminuir en función del nivel de proteína en la dieta, y lo mismo se observó en el caso de la utilización proteínica neta. En las dietas que contenían leguminosas suplementadas, se encontraron valores biológicos superiores a los rendidos por las que no fueron suplementadas, siendo la correlación del valor biológico con el PER de 0.59.

En el balance de nitrógeno se notó un incremento conforme el nivel de proteína en la dieta aumentaba (dietas 1, 6, 7).

En las dietas preparadas con caupí, gandul y soya, el balance de nitrógeno fue mayor cuando estas leguminosas se suplementaron con los aminoácidos en que son limitantes. Se observó una mejor respuesta en este sentido para el caupí y el gandul que para la soya, lo que indica una mejor calidad de la proteína de soya que de las otras leguminosas estudiadas. La falta de disponibilidad de estos valores para las demás leguminosas no permite extender esta observación a las otras muestras sometidas a estudio.

Los valores obtenidos en este balance de nitrógeno se compararon con los del PER, encontrándose una elevada correlación ($r = 0.91$).

La digestibilidad de la proteína del frijol no se vio afectada por el nivel de proteína en la dieta, con valores que oscilaron entre 76 y 83%. Igualmente, en las dietas con 10% de proteína, la digestibilidad no se alteró significativamente al ser suplementadas las leguminosas, encontrándose valores en un rango de 68-86%, salvo en el caso del gandul que aumentó de 70.50 a 84.80% al suplementarse con triptofano y metionina.

DISCUSION

Los resultados de la investigación de que aquí se informa confirmaron hallazgos previos concernientes a la calidad de la proteína de las leguminosas de grano notificados por varios investigadores^(1,2,8). Ajeno a ello, la información presentada ratifica la defi-

ciencia de metionina en las leguminosas comestibles^(1,2,9) y la deficiencia en metionina y triptofano en la proteína del gandul (*Cajanus cajan*)⁽⁶⁾. Como se indicara anteriormente, la suplementación con metionina indujo mejoras significativas en la calidad proteínica de las leguminosas estudiadas, pero la magnitud de la respuesta fue diferente y guardó relación con el valor de aquéllas libres de suplemento. Bien puede ser que la magnitud del incremento se deba, por un lado, al grado de deficiencia del aminoácido en la proteína, y por el otro, que esa deficiencia dependa también de otros factores inherentes a las propias especies, aspecto éste que amerita ser estudiado más a fondo. El objetivo de la investigación, sin embargo, fue el de poder seleccionar un método rápido y efectivo con el propósito de ayudar al fitomejoramiento nutricional de la proteína de las leguminosas de grano.

Los datos expuestos revelaron que desde el punto de vista de sencillez, el método del índice de eficiencia proteínica es posiblemente el mejor, dado que permite detectar diferencias al nivel ya seleccionado de 10% de proteína en la dieta. A este nivel, el efecto de la adición de metionina es también fácilmente detectable. El método de utilización proteínica neta también permitió diferenciar las leguminosas en cuanto a calidad proteínica a un nivel fijo de proteína en la dieta, y respondió a la adición de metionina. Sin embargo, al igual que el valor biológico, no se comportó como el PER al elevar el nivel proteínico de una misma leguminosa, de 5 a 20% de proteína en la dieta. Es de interés práctico subrayar el hecho de que la determinación de NPU no requiere un análisis de nitrógeno en el carcás completo, ya que basta con practicar éste en una pata, con excelente correlación entre ambos, tanto en lo que concierne al contenido de nitrógeno como al calculado a partir de la utilización proteínica neta. Obviamente esto tiene muchas ventajas prácticas, ya que la determinación de nitrógeno en todo el carcás es costosa y difícil. Sin embargo, el método de NPU especifica un período experimental de 10 días, a diferencia del período usado en el presente estudio que fue de 28 días. Por consiguiente, es necesario confirmar esta conclusión a partir de los resultados de estudios que se lleven a cabo por ese período de tiempo.

Esta información viene, pues, a confirmar informes publica-

dos previamente por Lachance y Miller ⁽⁷⁾, quienes usaron como fuentes de proteína las siguientes: la dieta de la colonia animal, dos dietas a base de aminoácidos, y tres de lactoalbúmina, habiendo encontrado que el contenido de nitrógeno de una de las patas traseras de la rata daba resultados de NPU semejantes a los obtenidos usando el nitrógeno del carcás del animal. Las correlaciones entre la NPU de la pata o del carcás con el PER, fueron altamente significativas.

Los otros métodos estudiados en el presente trabajo, o sea el balance de nitrógeno y el valor biológico, también pueden ser útiles en cuanto a separar especies de leguminosas, mostrando buenas correlaciones con los métodos previamente descritos. Sin embargo, desde los ángulos de sencillez, de cantidad de muestra, y de tiempo, los hallazgos indican que la NPU determinada en la pata puede ser un método útil para esos propósitos; desde luego, es necesario someterlo a pruebas más rigurosas que las utilizadas en este estudio antes de confirmar esta observación, principalmente en lo que se refiere al período experimental. Si no existe diferencia entre el período de 28 días como el utilizado en el presente estudio, y el de 10 días que especifica el método de NPU, al comparar la modificación del método de NPU con el del PER, se aprecia que las ventajas del primero sobre el segundo son el requerir un menor número de animales y menos tiempo, lo que significa también menor cantidad de muestra. Este último aspecto es de importancia práctica, ya que en muchas ocasiones el fitomejorador dispone de poca cantidad de muestra.

SUMMARY

PROTEIN QUALITY EVALUATION OF SEVERAL LEGUME FOODS BY DIFFERENT BIOLOGICAL METHODS

The protein value of different legume foods was studied in weanling rats by determining Net protein Utilization (NPU), Protein Efficiency Ratio (PER), Biological Value (BV), Nitrogen Balance (NB) and digestibility of the protein. NPU was determined by carcass analysis and by nitrogen determination in one of the hind legs of the experimental animals. All samples were evaluated at a 10% protein level in the ration, with and without a methionine supplement. The effect of protein concentration in the diet on the protein quality determinations used was also studied in the black bean

(*Phaseolus vulgaris*) sample.

Results showed a good correlation among the several values of protein quality evaluation determined by the different methods used, indicating that any of these procedures can differentiate protein quality between samples. Likewise, it was confirmed that NPU can be as accurately calculated by nitrogen carcass analysis as by determining the nitrogen content in the hind leg of the animals.

Due to its low cost and the small amount of sample required for the determination, the modified NPU method using the traditional 10-day experimental period could be very useful in determining NPU in programs dealing with the nutritional improvement of food legumes.

BIBLIOGRAFIA

1. Jaffé, W.G. Las semillas leguminosas como fuentes de proteína en América Latina. En: Recursos Proteínicos en América Latina. M. Béhar y R. Bressani (Eds.). Memorias de una Conferencia de nivel latinoamericano celebrada en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), ciudad de Guatemala, del 24 al 27 de febrero de 1970. Guatemala, C.A., Talleres Gráficos del INCAP, agosto de 1971, p. 228-241.
2. Bressani, R. Legumes in human diets and how they might be improved. En: Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding. Proceedings of a Symposium sponsored by PAG, held at the Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 3-5 July, 1972 and PAG Statement 22: Upgrading Human Nutrition Through the improvement of Food Legumes. Max Milner (Ed.). New York, Protein Advisory Group of the United Nations System, 1973, p. 15-42.
3. Liener, I. Antitryptic and other antinutritional factors in legumes. En: Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding. Proceedings of a Symposium sponsored by PAG, held at the Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 3-5 July, 1972 and PAG Statement 22: Upgrading Human Nutrition Through the Improvement of Food Legumes. Max Milner (Ed.). New York, Protein Advisory Group of the United Nations System, 1973, p. 239-258.
4. Jaffé, W.G. Factores tóxicos en leguminosas. Arch Latinoamer. Nutr., 18: 205-218, 1968.
5. Gómez Brenes, R., L. G. Elías, M. R. Molina, G. de la Fuente & R. Bressani. Changes in chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house cooking. En: Nutritional Aspects of Common Beans and Other Legume Seeds as Animal and Human Foods. W.G. Jaffé (Ed.). Proceedings of a Meeting held

November 6-9, 1973, Ribeirao Preto, S.P. Brazil. Caracas, Venezuela, Arch. Latinoamer. Nutr., 1975, p. 93-108.

6. Braham, J. E., R.M. Vela, R. Bressani & R. Jarquín. Efecto de la cocción y de la suplementación con aminoácidos sobre el valor nutritivo de la proteína del gandul (*Cajanus indicus*). Arch. Venezol. Nutr., 15: 19-32, 1965.
7. Lachance, P. A. & G. A. Miller. Protein quality assessment in the rat: correlation between whole carcass and hind limb nitrogen concentration. Nutr. Rep. Internat., 7: 25-32, 1973.
8. Jaffé, W. G. El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana. Arch. Venezol. Nutr., 1: 107-126, 1950.
9. Jaffé, W.G. Limiting essential amino acids of some legume seeds. Proc. Soc. Exper. Biol. Med., 71:398-399, 1949.