

**EFFECTO DE LA CANTIDAD Y LA CALIDAD DE LA PROTEINA  
SOBRE LOS VALORES SERICOS DE UREA Y AMONIACO,  
Y SOBRE LA RELACION DE AMINOACIDOS  
NO ESENCIALES A ESENCIALES <sup>(1)</sup>**

*J. Edgar Braham, <sup>(2)</sup> Ana Haydée Rodríguez de Benítez, <sup>(3)</sup>  
Miguel A. Guzmán <sup>(4)</sup> y Ricardo Bressani <sup>(2)</sup>*

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

**RESUMEN**

Se estudiaron las posibles relaciones cuantitativas entre la calidad y cantidad de proteína en la dieta de ratas, por una parte, y la concentración sérica de urea y amoníaco, así como la razón de aminoácidos no esenciales a esenciales, por la otra. Para este propósito fueron alimentadas ratas de diferentes fuentes, incluyendo caseína como proteína control; los animales fueron entrenados para consumir 5 gramos de alimento en una hora. Al término de ese período se sacrificaron grupos de ratas a diferentes tiempos,

---

Recibido: 1-10-76

- (1) Esta investigación se llevó a cabo con fondos otorgados por la Research Corporation, con sede en la ciudad de Nueva York, E.U.A. (subvención N° INCAP 740).
- (2) Jefe Asistente y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, respectivamente.
- (3) Este trabajo se basa en parte en la tesis de graduación de la Sra. de Benítez, previo a optar al título de Nutricionista en el grado de Licenciado, Escuela de Nutrición del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/ INCAP.
- (4) Jefe de la División de Estadística del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

Publicación INCAP E—937

se recolectó la sangre y se analizó para los tres parámetros séricos mencionados.

Los resultados demostraron que los niveles máximos de urea en el suero se alcanzaron entre 2 y 3 horas después de haber sido consumido el alimento, mientras que la concentración de amoníaco no mostró efecto alguno en relación al tiempo de sacrificio del animal. La edad sí demostró tener un efecto significativo sobre el nivel sérico de urea, pero no del de amoníaco. Los valores de la razón de aminoácidos no esenciales/esenciales disminuyeron con la edad.

Se encontró que existían correlaciones positivas entre el índice de eficiencia proteínica (PER) y los niveles séricos de amoníaco, entre PER y contenido sérico de lisina, entre concentración de amoníaco y lisina del suero, y entre estos últimos valores y el de metionina. Las correlaciones fueron negativas entre PER y los niveles séricos de urea y entre estos últimos y el de lisina.

Se discute la posibilidad de utilizar esta información como base para un método de evaluación de la calidad proteínica y, a la vez, se proponen estudios adicionales con el propósito de hacer dicho método más exacto y efectivo.

## INTRODUCCION

Varios son los métodos de que se dispone para evaluar el valor nutritivo de las proteínas. En general, estos métodos evalúan las respuestas biológicas bajo condiciones experimentales controladas. Sin embargo, todos, sin excepción, requieren un tiempo experimental relativamente largo, y esto, unido a las limitaciones propias de cada uno de ellos, obligan al desarrollo de nuevos procedimientos que rindan resultados con un máximo de eficiencia en un mínimo de tiempo experimental. Una posibilidad que ha sido relativamente poco estudiada es la medición de los niveles de urea y amoníaco en el plasma.

Estudios realizados en varias especies animales así como en el hombre (1-3), han demostrado que entre los niveles séricos de urea y la ingesta de nitrógeno existe correlación significativa. No obstante, los rumiantes son los únicos animales en los que se ha considerado que la concentración de urea en el plasma es capaz de reflejar la calidad de la proteína de la dieta, siendo este método muy poco empleado en animales monogástricos.

Eggum (4) demostró la existencia de una correlación positiva ( $r = 0,95$ ) entre el contenido proteínico de la dieta y los valores séricos de urea. Por otro lado, los resultados de dicho estudio revelan una relación inversa entre los niveles séricos de urea y el valor biológico de las proteínas, lo suficientemente exacta (coeficiente de variación = 53%) como para aplicarla

como procedimiento rápido y eficiente para evaluar la calidad proteínica. El citado autor hace hincapié en el hecho de que las condiciones experimentales deben estandarizarse, especialmente en lo que respecta al contenido de proteína de la dieta y al tiempo de muestreo, después de la alimentación.

En experimentos con ratas y usando aminoácidos sintéticos, Kumta y Harper (5) lograron demostrar que el desequilibrio de aminoácidos ingeridos producía aumento de la concentración de urea en el plasma, la cual recobraba la normalidad al corregir el desequilibrio.

La dependencia entre el nivel de urea en el plasma y el tiempo de muestreo después de la alimentación se hizo evidente en los estudios de Anderson y Edney (2) realizados en perros. Cuando la dieta contenía 5% de proteína, el máximo valor de urea en el plasma se alcanzó dos horas después de haberse ingerido el alimento.

De los estudios referidos se deduce claramente que son por lo menos tres factores los que influyen en el nivel de urea en el plasma: la calidad y la cantidad de la proteína de la dieta, por una parte, y el tiempo de muestreo después de la alimentación, por la otra. A pesar de ello, parece ser que mediante una técnica estandarizada es posible eliminar los efectos, tanto del contenido de proteína de la dieta, como del tiempo de muestreo después de la alimentación. Así, únicamente la calidad de la proteína tendría influencia decisiva en los niveles séricos de urea.

El objetivo de la presente investigación, por lo tanto, fue establecer las posibles relaciones cuantitativas entre la cantidad y calidad de la proteína ingerida y los niveles séricos de urea y amoníaco en ratas, a modo de utilizar esta relación como base para el desarrollo de un método que permita medir diferencias en calidad proteínica.

## MATERIALES Y METODOS

### A. *Animales*

En los tres experimentos del presente estudio se utilizó un total de 256 ratas de 21 días de edad, cepa Wistar de la colonia de animales del INCAP.

### B. *Procedimiento Experimental*

Los animales fueron distribuidos de acuerdo a su sexo y peso en grupos de ocho cada uno, los que consumieron *ad libitum*,

tanto el agua como las raciones experimentales, por un período que varió de acuerdo al objetivo de cada ensayo. Las ratas se pesaron semanalmente y se llevó un registro del alimento consumido. Al final del período experimental se les entrenó a comer una cantidad definida (5 gramos) de alimento en una hora, tiempo de entrenamiento que duró ocho días. Una vez acostumbradas a este régimen alimentario, se sacrificó uno de los grupos sometidos a cada ración. La sangre se recogió en tubos sin anti-coagulante; se centrifugó y el suero fue analizado para determinar su concentración en urea, amoníaco y aminoácidos esenciales y no esenciales.

### C. *Dietas*

Las dietas ofrecidas a los animales contenían diferentes proteínas de origen animal, vegetal y de uso no convencional, a niveles de 10 o de 20% de la proteína correspondiente (Tabla 1).

### D. *Procedimientos Analíticos*

#### 1. *Método para la determinación de urea en suero*

El método descrito por Marsh, Fingerhut y Miller (6) fue utilizado para determinar la urea coloriméricamente con diacetil monoxima, en presencia de tiosemicarbazidasa e iones de hierro.

#### 2. *Método para la determinación de amoníaco en suero*

En este caso se empleó el método de Getzkow y Mose (7), el cual se estandarizó inicialmente para determinar nitrógeno de urea por nesslerización, y se adaptó para determinar amoníaco usando celdas de Conway e incubación a 37°C durante 90 minutos.

#### 3. *Determinación de la relación de los aminoácidos no esenciales a esenciales*

Para este propósito se seleccionó el método descrito por Whitehead (8), utilizando cromatografía en papel. Se utilizó un sistema de ácido acético y butanol como solvente.

**T A B L A 1**  
**COMPOSICION DE LAS DIETAS UTILIZADAS \*, \*\***

<b>Composición</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
Caseína	11,2											
Huevo		14,2										
Pescado			11,2									
Gelatina				10,5								
Algodón					19,2							
Soya						19,4						
Gluten de maíz							15,7					
Frijol								39,5				
Ajonjolí									22,6			
Torula										19,2		
Granillo de trigo											65,8	
WO-100												11,8
Aceite de soya	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Mezcla de minerales	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Aceite de hígado												
de bacalao	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Almidón de maíz	78,8	75,8	78,4	79,5	70,8	70,6	74,3	50,5	67,4	70,8	24,2	78,2

\* Hegsted *et al.* (11).

\*\* Cien gramos de dieta suplementados con 5 ml de solución de vitaminas. Manna & Hauge (12).

#### 4. *Análisis estadístico*

Los resultados obtenidos se sometieron a análisis de varianza con miras a establecer el efecto de la ingesta y calidad del tratamiento en el crecimiento de las ratas, así como del sexo y la edad de los animales sobre los valores séricos de urea y amoníaco (9). Las relaciones existentes entre el índice de eficiencia proteínica (PER), los niveles séricos de urea y amoníaco, la relación de aminoácidos no esenciales a esenciales, y el contenido de lisina y metionina, fueron establecidas por medio de análisis de correlación (9).

### RESULTADOS

#### *Determinación del Tiempo Optimo para Muestreo de Sangre Después de la Alimentación*

El objetivo de este experimento fue determinar la hora en que los valores séricos de urea llegaban al máximo después de que el período de una hora de alimentación controlada había llegado a término. Para ello se emplearon 80 ratas albinas de 21 días de edad; la mitad recibió una ración que contenía 20% de proteínas de harina de algodón, y la otra mitad, una dieta con 20% de caseína. Una vez que las ratas de ambos grupos se acostumbraron a comer una cantidad definida (5 gramos) de alimento en una hora, se sangró en ayunas a un grupo de 5 ratas alimentadas con cada ración; el resto consumió 5 gramos de sus respectivas raciones y una hora después de cumplido este período de alimentación controlada se sacrificaron grupos de 10 ratas cada hora, por un total de siete horas. Los resultados obtenidos en lo que respecta a los valores de la proteína ingerida el día en que fueron sacrificadas, así como los niveles séricos de urea y amoníaco y la relación de aminoácidos no esenciales a esenciales, se exponen en la Tabla 2.

Según se observa, las cantidades de proteína ingerida ese día variaron entre 0,64 g y 0,90 g en los grupos de ratas alimentadas con harina de algodón. Esta fluctuación fue aún mayor en los grupos de ratas que consumieron caseína, ya que varió de 0,5 g a 1,16 g. Por otro lado, se puede notar que, en general, los promedios de urea en la sangre fueron más altos en las ratas alimentadas con caseína, que en las que recibieron harina de algodón. Tal cosa no se observó en los niveles de amoníaco ni en la razón de aminoácidos no esenciales a esenciales.

**T A B L A 2**

**PROTEINA INGERIDA, NIVELES SERICOS DE UREA Y AMONIACO, Y RAZON DE AMINOACIDOS NO ESENCIAL/ESENCIALES EN RATAS ALIMENTADAS CON HARINA DE ALGODON O CASEINA**

Grupo Nº	Tiempo de toma de muestra *	Proteína ingerida g	Niveles de urea mg/100 ml	Niveles de amoniaco mg N/100 ml	Razón aminoácidos no esenciales/ esenciales
<b>Dieta de harina de algodón al 20%</b>					
1	Ayunas	0,00	11	0,40	1,7
2	1	0,88	14	0,30	1,6
3	2	0,90	18	0,27	2,0
4	3	0,70	16	0,34	1,6
5	4	0,70	15	0,25	1,6
6	5	0,86	15	0,27	1,5
7	6	0,88	14	0,30	1,3
8	7	0,64	10	0,32	1,4
<b>Dieta de caseína al 20%</b>					
1	Ayunas	0,00	15	0,23	1,4
2	1	0,78	20	0,32	1,5
3	2	1,02	19	0,28	1,5
4	3	0,50	18	0,29	1,5
5	4	0,58	16	0,37	1,4
6	5	0,76	15	0,30	1,3
7	6	1,16	14	0,34	1,5
8	7	0,84	13	0,31	1,3

\* Horas después del período de consumo controlado de 5 gramos.

Al final de cuatro semanas, las ratas alimentadas con caseína acusaron un peso promedio de 187 g, en comparación con las alimentadas con harina de algodón, que pesaron 165 g. Por el contrario, la ingesta de estas últimas fue más elevada con respecto a las de caseína en el transcurso de todo el experimento. Al estimarse la eficiencia de utilización del alimento<sup>5</sup> para la harina de algodón, ésta fue de 3,8 mientras que para la caseína fue de 2,8, lo que confirma la superioridad de la calidad proteínica de esta última.

La Figura 1 ilustra gráficamente la relación entre el tiempo de muestreo de sangre después de la alimentación y los niveles séricos de urea y amoníaco en las ratas que recibieron las dietas de caseína y de harina de algodón. La evaluación estadística de los datos, por análisis de varianza, señala que en el caso de la harina de algodón el cambio en los valores séricos de urea fue significativo ( $P < 0,01$ ) en cuanto al tiempo, mientras que en el caso de la caseína, no hubo ningún efecto significativo sobre los valores de urea. Por lo tanto, el tiempo en que ocurrieron los mayores valores promedio de urea se tomó como el óptimo para realizar el muestreo de sangre después de la alimentación. Como la Figura lo indica, el promedio más alto se alcanzó dos horas después de terminado el período de una hora de alimentación controlada.

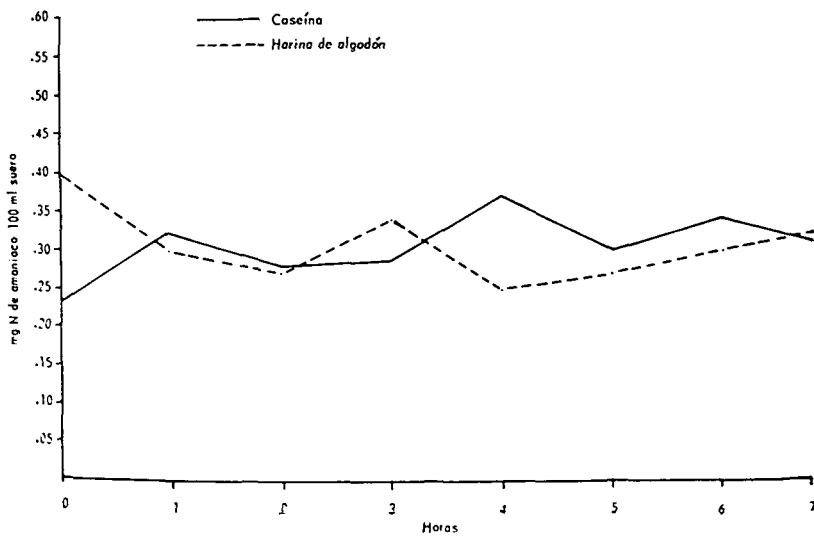
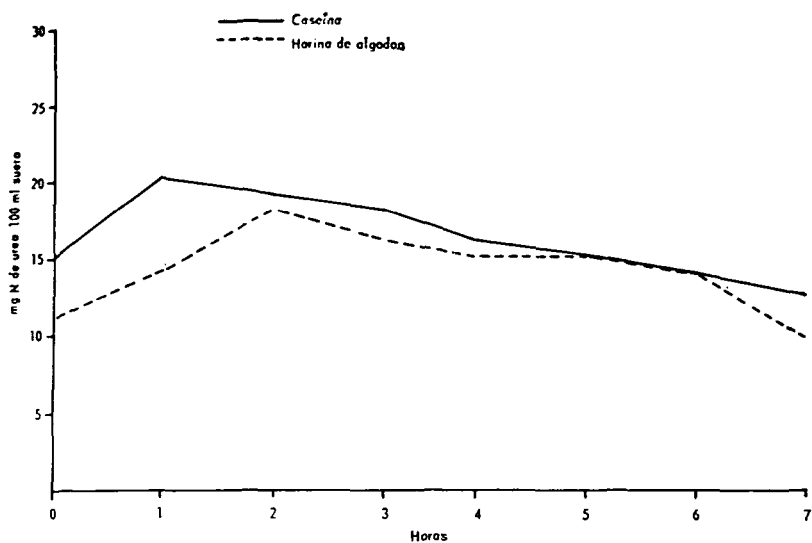
El análisis de varianza de los datos obtenidos con respecto a la relación entre el tiempo de muestreo de sangre después de la alimentación y los niveles séricos de amoníaco, indica que en el caso de la caseína, el tiempo sí tuvo un efecto significativo ( $P < 0,01$ ) sobre los valores de ese compuesto en el suero sanguíneo, acusando un valor máximo a las cuatro horas; lo contrario ocurrió con la harina de algodón. Por lo tanto, se puede concluir que en el caso de los valores séricos de amoníaco, no existe un tiempo óptimo para el muestreo de sangre después de la alimentación.

#### *Relación entre la Edad y los Niveles Séricos de Urea, Amoníaco y Aminoácidos Esenciales a No Esenciales*

Una vez establecido, como resultado del experimento anterior, que en el caso de los niveles séricos de urea el tiempo óptimo para el muestreo de sangre después de la alimentación

---

(5) Eficiencia de utilización del alimento = gramos de alimento necesarios para lograr un incremento de un gramo de peso.



Incap 76-596

**FIGURA 1**

Relación entre tiempo de muestreo de sangre y niveles séricos de urea y amoniaco en ratas alimentadas con caseína o harina de algodón.

era a las dos horas, se procedió a diseñar el segundo experimento. En este caso el objetivo fue determinar la relación existente entre edad y niveles séricos de urea, amoníaco y razón aminoácidos esenciales a no esenciales. Con este propósito en mente se proporcionó a 40 ratas albinas de 21 días de edad, una ración con 20% de proteína de harina de algodón; otro grupo, también de 40 ratas, fue alimentado con una que contenía 20% de caseína. Los animales fueron distribuidos según su sexo y peso en grupos de ocho cada uno, sacrificándose un grupo de cada ración cada dos semanas, después de haber acostumbrado a las ratas a consumir individualmente una cantidad determinada de alimento (5 gramos). Dos horas después de haberse terminado el período de una hora de alimentación controlada se recolectó la sangre y se procedió a realizar las mismas determinaciones del experimento anterior en el suero sanguíneo. Los resultados obtenidos se comentan a continuación.

La Tabla 3 muestra los valores de la proteína ingerida el día en que fueron sacrificadas juntamente con los niveles séricos de urea y amoníaco, y la relación de aminoácidos no esenciales a esenciales en ocho grupos de ratas de distintas edades.

También es evidente que el promedio de proteína ingerida el día del sacrificio tiende a ser mayor en todos los grupos de ratas alimentadas con caseína, salvo en aquéllas de ocho semanas de edad, aunque las diferencias no son significativas. La mayor ingesta de proteína, en ambos casos, se logró a las cuatro semanas de destete. Si se examinan los valores de la relación de aminoácidos no esenciales a esenciales, se puede observar que estos últimos tienden a disminuir conforme la edad aumenta, siendo en general más altos en las ratas que consumieron harina de algodón, a excepción de los niveles correspondientes a la segunda semana.

La Figura 2 muestra la relación entre la edad y los niveles séricos de urea en ratas de distintas edades que recibieron dietas de caseína y de harina de algodón. Al comparar estadísticamente las dietas entre sí, se concluyó que existe una tendencia de tipo cóncavo entre los valores de urea y el tiempo; en otras palabras, con ambas dietas los valores se presentan altos en la segunda semana, descienden en la cuarta y sexta semana y de nuevo se elevan en la octava semana. Se llegó también a la conclusión de que sí existen diferencias entre las dietas y entre las semanas de edad; estas diferencias, aunque mínimas (2 mg de urea), resultan ser significativas debido al gran número de observaciones efectuadas ( $n = 40$  en cada dieta).

T A B L A 3

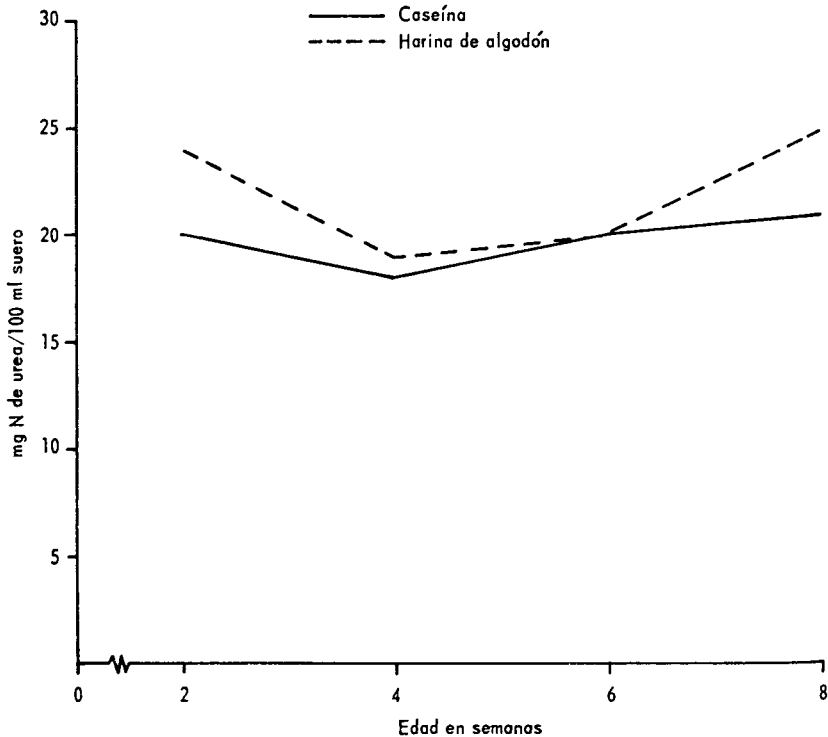
PROTEINA INGERIDA, NIVELES SERICOS DE UREA Y AMONIACO, Y RAZON DE AMINOACIDOS NO ESENCIALES/ESENCIALES EN RATAS DE DISTINTAS EDADES ALIMENTADAS CON HARINA DE ALGODON O CASEINA

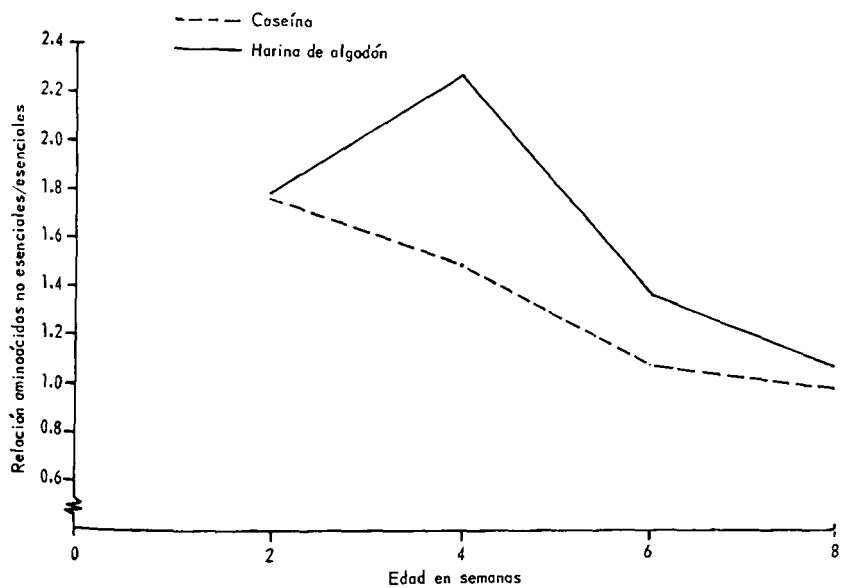
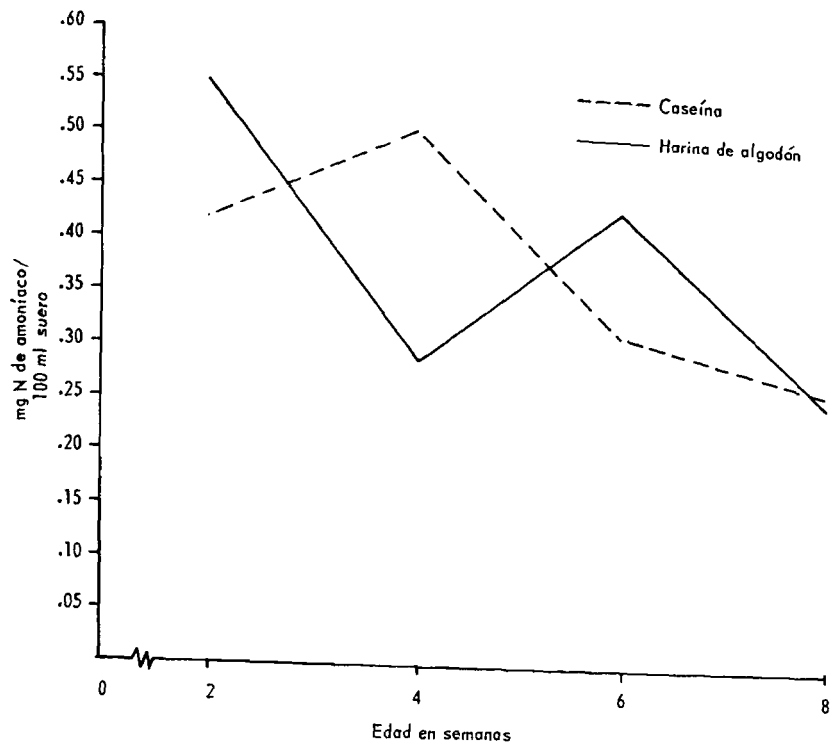
Grupo Nº	Edad (semanas)	Proteína ingerida g	Niveles de urea mg/100 ml	Niveles de amoníaco mg N/100 ml	Razón de amino-ácidos no esenciales/esenciales
<b>Dieta de harina de algodón al 20%</b>					
1	2	0,76	24 ± 4	0,55	1,8
2	4	0,96	19 ± 2	0,29	2,1
3	6	0,84	20 ± 2	0,44	1,4
4	8	0,88	25 ± 3	0,26	1,1
<b>Dieta de caseína al 20%</b>					
1	2	0,92	20 ± 3	0,42	1,8
2	4	0,99	18 ± 4	0,51	1,5
3	6	0,86	20 ± 3	0,32	1,1
4	8	0,64	21 ± 3	0,27	1,0

En la misma Figura 2 se observa la relación que prevalece entre la edad y los valores séricos de amoníaco en ratas de distintas edades alimentadas también con caseína y harina de algodón. El análisis de varianza permitió establecer que no existen diferencias entre dietas, sino únicamente una interacción de dieta por semana. Por ejemplo, la comparación entre dietas varía de semana a semana, siendo favorable para la caseína en la cuarta y octava semana, y favorable para la harina de algodón en la segunda y sexta semana. Además, se determinó un efecto significativo ( $P < 0,01$ ) del sexo sobre los valores séricos de amoníaco, a la vez que una interacción de sexo por semana sobre dichos valores.

**FIGURA 2**

Relación entre la edad y los niveles séricos de urea y amoníaco, y relación de aminoácidos no esenciales/esenciales en ratas alimentadas con caseína o harina de algodón.





Incap 76-597

**FIGURA 2**

Relación entre la edad y los niveles séricos de urea y amoníaco, y relación de aminoácidos no esenciales/esenciales en ratas alimentadas con caseína o harina de algodón.

La razón de los aminoácidos no esenciales a esenciales fue más alta en las ratas alimentadas con harina de algodón en todas las edades, salvo a las dos semanas de destete. Sin embargo, tanto en el caso de la caseína como en el de la harina de algodón, esa razón tendió a disminuir con la edad (Figura 2).

#### *Aplicación del Método a Diferentes Proteínas de Origen Animal y Vegetal*

Una vez establecido el hecho de que a las dos horas los niveles de urea sérica alcanzaban el valor máximo, y que éstos podían determinarse independientemente de la edad de los animales, el método se sometió a ensayo con diferentes proteínas de origen vegetal y animal, a una concentración proteínica de 10%.

Los resultados obtenidos al respecto se detallan en la Tabla 4. Esta incluye los valores de la proteína ingerida el día en que se sacrificaron las ratas, pudiéndose notar que a mayor calidad proteínica corresponde mayor ingesta de dieta. También se presenta el contenido de lisina y metionina en las distintas proteínas de las dietas suministradas, así como los niveles séricos de urea y amoníaco, el índice de eficiencia proteínica (PER) y la relación de aminoácidos no esenciales/esenciales.

Las correlaciones existentes entre el PER/niveles séricos de urea; PER/niveles séricos de amoníaco, y PER/lisina, así como entre los niveles séricos de urea/lisina; niveles séricos de amoníaco/lisina, y niveles séricos de amoníaco/metionina, se describen asimismo en las Figuras 3 a 8, respectivamente. Según se observa, las correlaciones son positivas entre el PER y los niveles séricos de amoníaco, entre esa misma razón y el contenido de lisina, los niveles séricos de amoníaco y el contenido de lisina, así como entre esos mismos valores y el de metionina. Por otro lado, las correlaciones son negativas en el caso del PER/niveles séricos de urea, y los niveles séricos de urea/lisina. Esto indica, pues, que mientras mejor es el índice de eficiencia proteínica y mayor el contenido de lisina en la dieta, los niveles de urea en la sangre son menores.

T A B L A 4

PROTEINA INGERIDA, LISINA, METIONINA, INDICE DE EFICIENCIA PROTEINICA, NIVELES DE UREA Y AMONIACO EN SUERO Y RAZON DE AMINOACIDOS NO ESENCIALES/ESENCIALES EN 12 GRUPOS DE RATAS

Grupo N°	Dieta consumida	Proteína ingerida	Lisina * mg	Metionina mg	PER	Niveles de urea mg/100 ml	Niveles de amoníaco mg N/100 ml	Razón aminoácidos no esenciales /esenciales
1	Caseína	4,8	0,504	0,194	2,94	12 ± 1	0,84	1,7
2	Huevo	4,2	0,400	0,196	3,19	11 ± 4	0,86	1,7
3	Pescado	4,8	0,607	0,166	2,96	0 ± 1	0,65	1,9
4	Gelatina	—	0,274	0,051	-0,71	—	—	—
5	Algodón	3,4	0,268	0,086	1,39	14 ± 4	0,41	2,8
6	Soya	3,6	0,395	0,084	1,81	13 ± 3	0,26	1,5
7	Gluten	2,6	0,112	0,176	0,42	26 ± 4	0,36	2,0
8	Frijol	2,4	0,464	0,063	0,66	15 ± 3	0,14	1,5
9	Ajonjolí	2,4	0,160	—	1,24	18 ± 1	0,24	1,8
10	Granillo	3,9	—	—	2,17	17 ± 2	0,19	1,7
11	Torula	4,9	0,493	0,096	2,03	17 ± 3	0,43	2,2
12	WO-100	4,3	—	—	1,76	16 ± 3	0,26	1,7

\* Aminoácido por gramo de nitrógeno total en la parte comestible del alimento (13).

## DISCUSION

Se sabe que entre la calidad de la proteína y los niveles séricos de urea, existe una relación significativa confirmada por Eggum (4) y por Münchow y Berger (10). Sin embargo, hay que recordar que para poder utilizar los niveles séricos de urea como método eficiente y rápido para evaluar la calidad proteínica, es necesario estandarizar las condiciones experimentales, sobre todo en lo concerniente al contenido de proteína de la dieta y al tiempo de muestreo de sangre después de la alimentación.

La finalidad básica del trabajo aquí descrito fue, como se dijo, determinar las posibles relaciones cuantitativas entre la calidad y la cantidad de la proteína ingerida y los niveles séricos de urea y amoníaco. Por consiguiente, como primera medida se estandarizaron las condiciones experimentales para determinar si en esta forma, el método en cuestión podría emplearse como uno rápido y eficiente para evaluar la calidad proteínica.

Como lo revela la Figura 1, el tiempo óptimo, o sea el punto en que los valores de urea alcanzaron el valor máximo, se obtuvo dos horas después de terminado el período de alimentación controlada de una hora. Sin embargo, el promedio no varió significativamente del obtenido tres horas después, por lo que se concluye que el tiempo óptimo para el muestreo de sangre después de la alimentación, está comprendido entre dos y tres horas después de ingerida la ración. Esto confirma los hallazgos de Anderson y Edney en perros (2); autores que no encontraron un punto máximo sino más bien un alza constante de los valores séricos de urea hasta tres horas después de terminada la alimentación, cuando la dieta contenía 8,5% de proteína. No obstante, cuando la ración contenía 5% de proteína, el punto máximo sí se alcanzó dos horas después de llegar a término la alimentación controlada. En nuestro estudio, según se indicó, las dietas contenían 10% de proteína, por lo que bien podría ser que en este sentido, el nivel de ingesta de proteína fuese un factor determinante de mayor sensibilidad. Además, los datos recaudados parecen sugerir que la velocidad de digestión es también importante, ya que la caseína dio valores máximos una hora después y la harina de algodón a las dos horas.

En lo concerniente a los niveles de amoníaco, se puede concluir que no fue posible obtener un punto óptimo para el muestreo de sangre después de la alimentación, ya que sólo en el caso de caseína hubo un efecto significativo del tiempo sobre

los valores séricos de amoníaco, lo que no ocurrió con la harina de algodón. El examen de la Figura 1 da a conocer el comportamiento tan irregular que presentó el amoníaco en este experimento. De interés se considera el hecho de que los valores séricos de urea fueron opuestos a los esperados, o sea que, por tener un PER más alto, la caseína debería haber alcanzado los valores más bajos de urea (5) en el suero. Este hecho puede explicarse por el poco control que hubo de la ingesta de proteína el día del sacrificio de las ratas, lo que se debió a una falla en el entrenamiento de los animales en consumir una cantidad determinada de alimento (5 gramos) en el lapso de una hora. En consecuencia, la ingesta no controlada de proteína pudo haber sido el factor que redujo la sensibilidad del método para detectar la calidad proteínica.

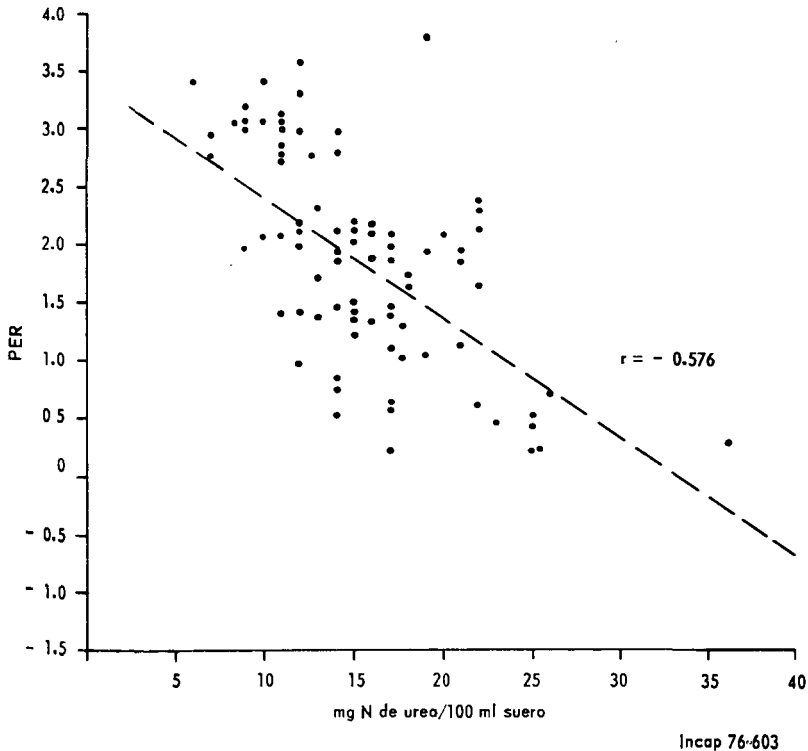


FIGURA 3

Relación entre el índice de eficiencia proteínica (PER) y los niveles séricos de urea.

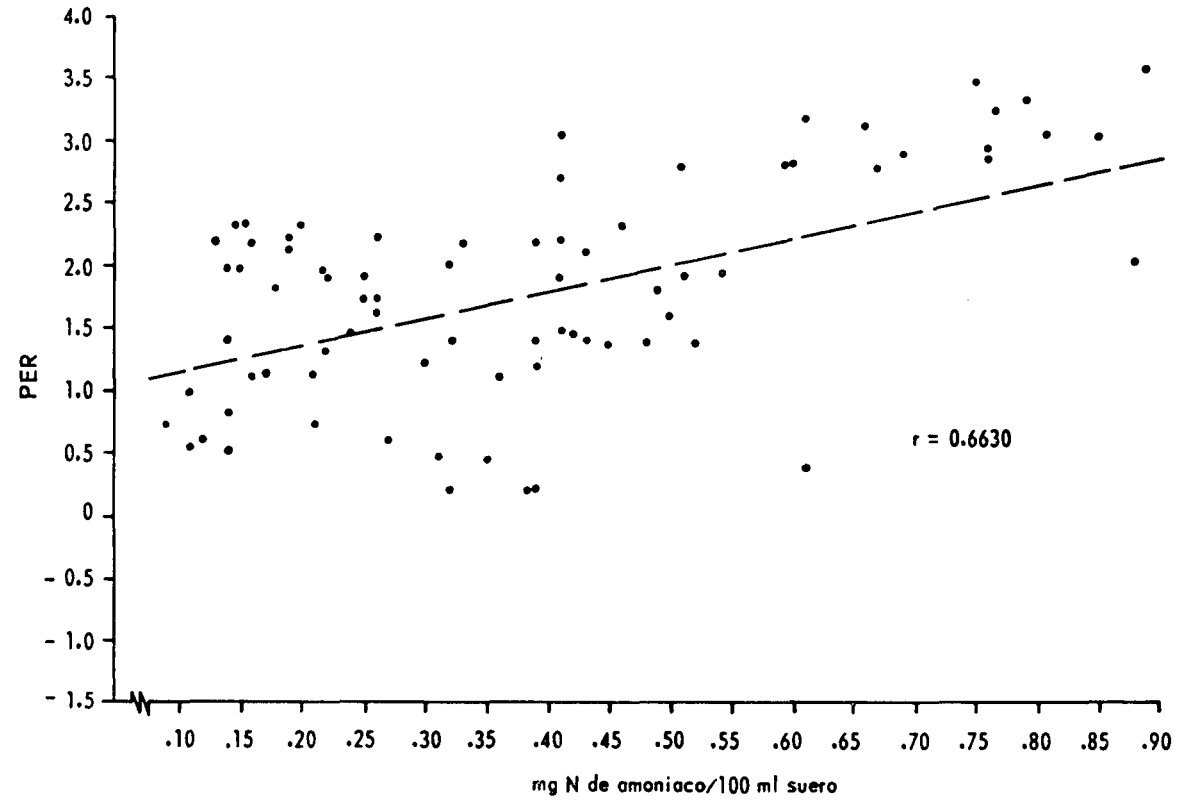
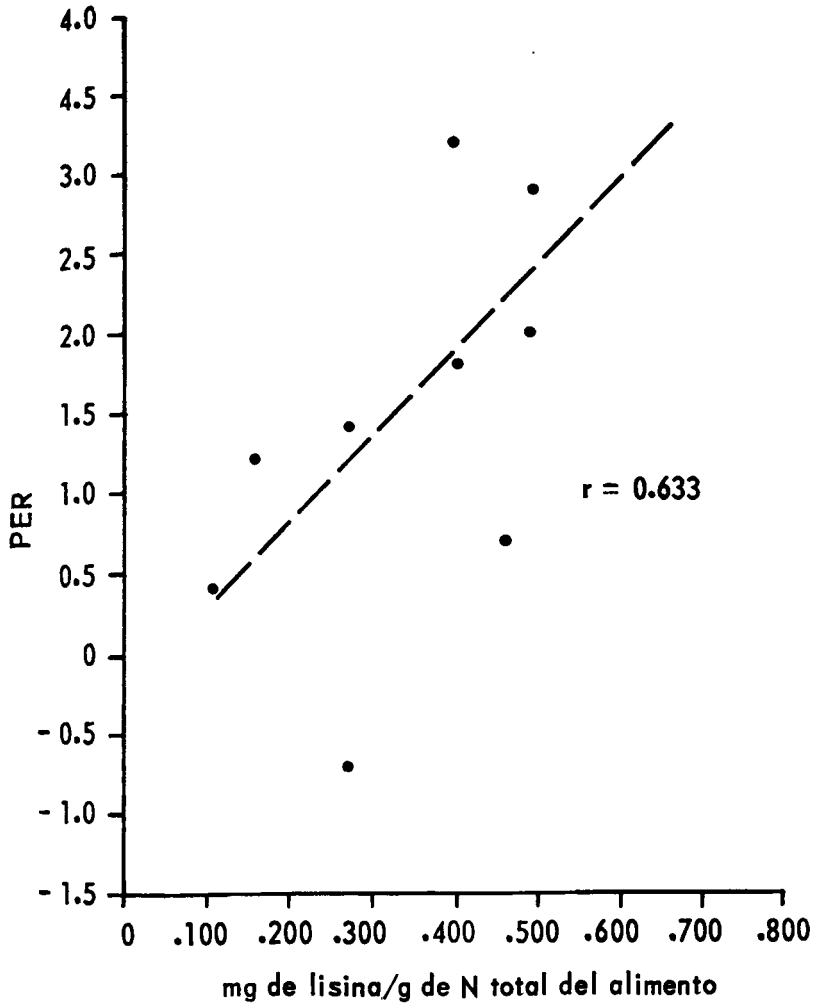


FIGURA 4

Incap 76-602



Incap 76-598

**FIGURA 5**

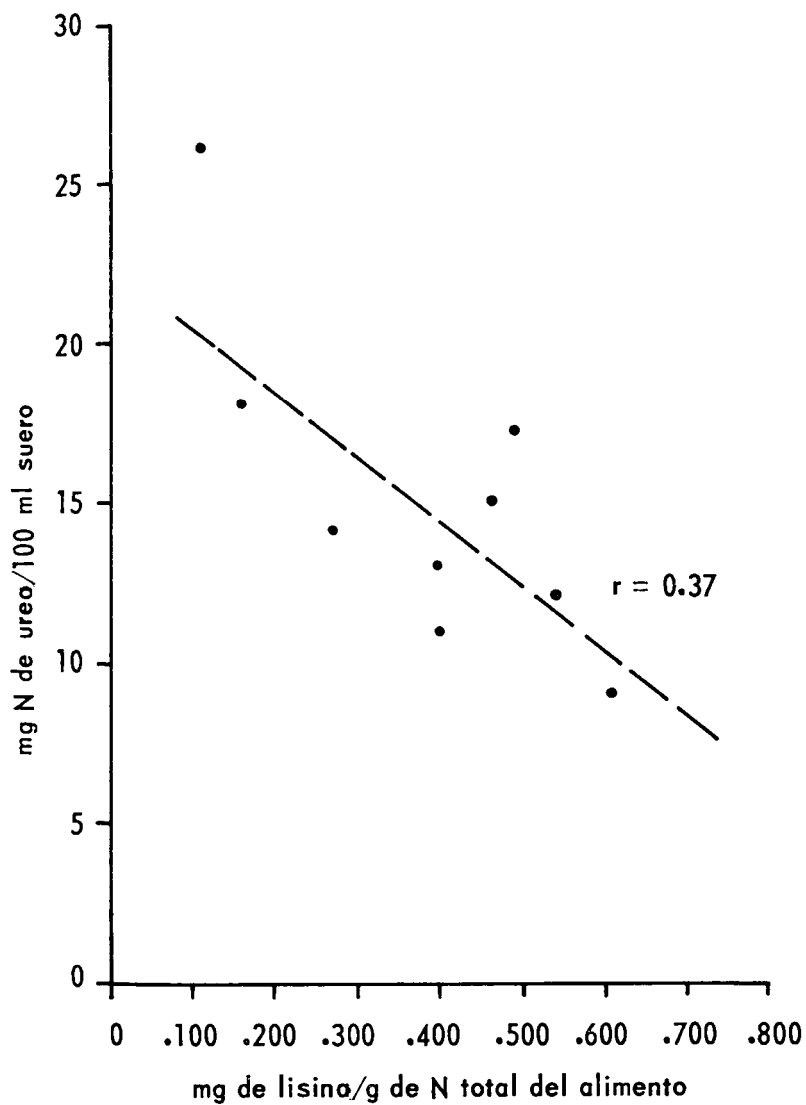
Relación entre el índice de eficiencia protéica (PER) y el contenido de lisina.

La relación entre la edad y los niveles séricos de urea y amoníaco, así como la de aminoácidos no esenciales/esenciales, indican que en lo que atañe a edad y niveles séricos, tanto

de urea como de amoníaco, existen diferencias entre una y otra dieta que, aunque mínima, son estadísticamente significativas dado el gran número de observaciones realizadas ( $n = 40$  en cada dieta), pero que de ninguna manera deben tomarse en cuenta para propósitos de aplicación futura de este método. Con base en lo expuesto es factible concluir que los valores séricos de urea pueden determinarse independientemente de la edad de los animales experimentales. Los valores de la relación de los aminoácidos no esenciales/esenciales sí mostraron cierta tendencia a aumentar o disminuir en función de la edad de los animales experimentales. En efecto, en la Figura 2 se aprecia que la relación tendió a bajar a medida que aumentaba la edad, tanto en el caso de la harina de algodón como en el de la caseína. Esto podría explicarse en términos de los requerimientos de los aminoácidos que, como se sabe, disminuyen con la edad.

Una vez establecido el tiempo óptimo para el muestreo de sangre después de la alimentación y que la edad no ejercía influencia alguna sobre los valores séricos de urea, se procedió a aplicar el método a diferentes proteínas de origen animal y vegetal. Los datos revelan correlación negativa entre el índice de eficiencia proteínica y los valores séricos de urea ( $r = -0,576$ ). Este hallazgo confirma los resultados de Eggum (4), quien también encontró correlación negativa al comparar distintas proteínas. Aunque la correlación señalada es significativa desde el ángulo estadístico, no es lo suficientemente exacta como para predecir la razón de eficiencia proteínica a partir de los niveles séricos de urea. Como lo muestra la Figura 3, los niveles séricos de urea explican el PER tan sólo en un 25%.

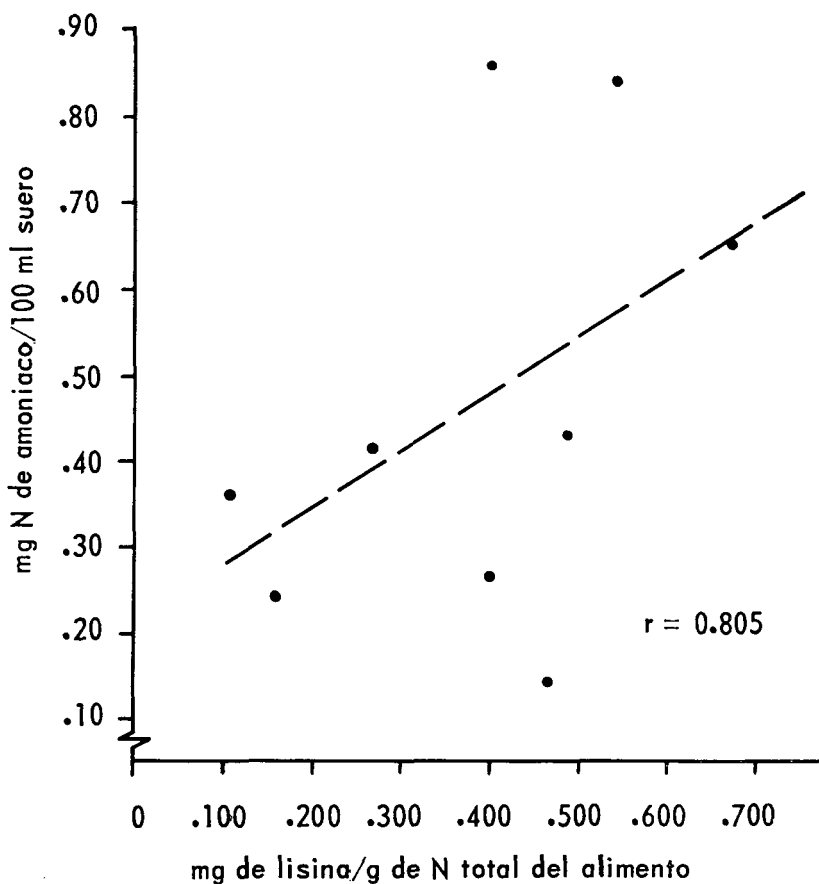
Por otro lado, según se aprecia en la Figura 4, el amoníaco guarda relación directamente proporcional al índice de eficiencia proteínica, o sea que entre el amoníaco y dicho índice existe una correlación positiva ( $r = 0,663$ ) que, estadísticamente es más significativa que la anterior. A pesar de existir dependencia de 40% entre estas dos variables, lo que convertiría al amoníaco en un mejor índice para evaluar la calidad proteínica, éste no es confiable. Además, se encontró correlación positiva entre el PER y el contenido de lisina, entre los niveles séricos de amoníaco y el contenido de lisina, y entre los niveles séricos de amoníaco y el contenido de metionina (Figs. 5 a 7). La correlación entre los niveles séricos de urea y el contenido de lisina fue negativa (Fig. 6). Por lo tanto, se puede concluir que mientras mayor es el contenido de lisina, mejor será el índice de eficiencia proteínica; que a mayor contenido de lisina y metionina corresponderán valo-



Incap 76-599

**FIGURA 6**

Relación entre los niveles séricos de urea y el contenido de lisina.



Incap 76-601

**FIGURA 7**

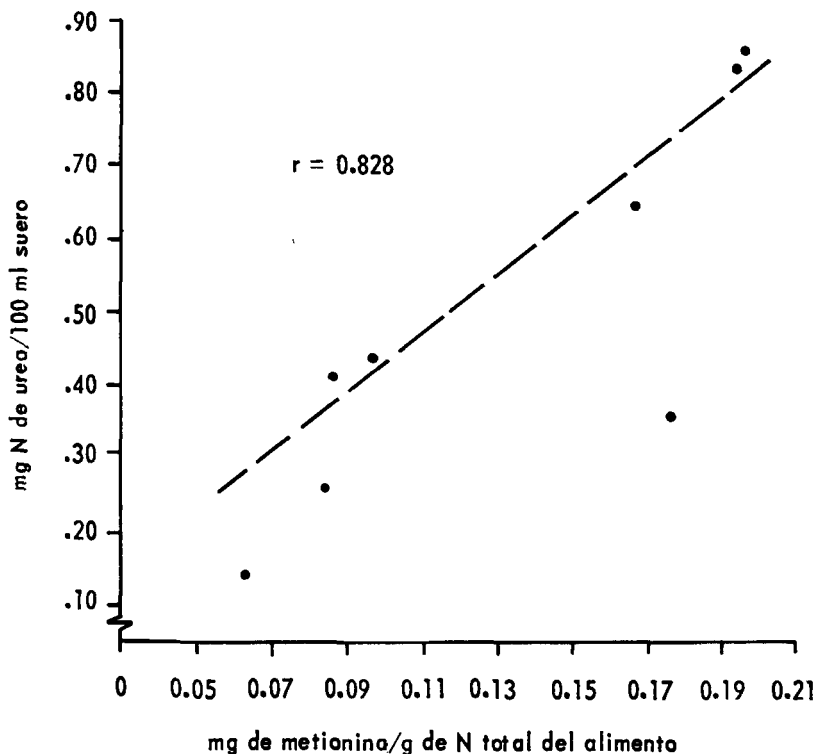
Relación entre los niveles séricos de amoníaco y el contenido de lisina.

res más altos de amoníaco en el suero, y que mientras mayor es el contenido de lisina, menores serán los valores de urea en el suero.

Con el propósito de lograr el establecimiento de un método más sensible para evaluar la calidad proteínica, se sugiere la ejecución de una serie de estudios en los que se empleen dietas con distintas concentraciones proteínicas. Los valores de urea sérica

pueden relacionarse a la ingesta de proteína o de aminoácidos específicos en la proteína, dando así origen a ecuaciones de regresión en las que el coeficiente sería el índice que clasificara a las proteínas según su calidad.

En el presente estudio solamente se ensayó un método que detecta diferencias en calidad entre varias proteínas cuando éstas varían considerablemente en la magnitud de índice de eficiencia proteínica. Resulta necesario, pues, establecer otras condiciones que aumenten la sensibilidad de este método, a fin de evaluar diferencias mínimas en calidad proteínica.



Incap 76 600

FIGURA 8

Relación entre los niveles séricos de amoníaco y el contenido de metionina.

### SUMMARY

#### Effect of protein quality and quantity on serum urea, ammonia and non essential to essential amino acid ratio levels.

The possible quantitative relationships between quality and quantity of protein in the diet and blood serum urea, ammonia and non essential/essential amino acid ratio were studied in rats. For this purpose, rats of different age were fed with rations containing 10 or 20% protein from different sources, including casein as control, and trained to eat 5 grams of food in one hour. Groups of rats were then sacrificed at different times after feeding, and blood collected and analyzed for the three components mentioned above.

Results showed that the maximum levels of blood serum urea were reached between 2 and 3 hours after feeding, while blood ammonia levels did not show any effect due to the time of killing. Age had a significant effect on urea nitrogen, but not on ammonia blood levels, while the ratio of non essential to essential amino acids decreased with increasing age.

When proteins of different nutritive quality were fed, positive correlations were found between protein efficiency ratios (PER) and blood serum ammonia levels, between PER and blood serum lysine content, between serum lysine and ammonia content, and between these last two variables and blood serum methionine content. On the other hand, negative correlations between PER and blood serum urea levels and between the latter and lysine content were found.

The possibility of using the above information as a basis for a method for the evaluation of protein quality is discussed, and additional studies to improve its efficiency and accuracy are suggested.

### B I B L I O G R A F I A

1. Addis, T., E. Barret, L. J. Poe & D. W. Yuen. The relation between the serum urea concentration and the protein consumption of normal individuals. *J. Clin. Invest.*, **26**: 869-873, 1947.
2. Anderson, R. S. & A. T. B. Edney. Protein intake and blood urea in the dog. *Vet. Rec.*, **84**: 349-384, 1969.
3. MacKay, E. & L. L. MacKay. The concentration of urea in the blood of normal individuals. *J. Clin. Invest.*, **4**: 295-305, 1927.
4. Eggum, B. O. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Brit. J. Nutr.*, **24**: 983-988, 1970.
5. Kumta, U. S. & A. E. Harper. Amino acid balance and imbalance. VII. Effects of dietary additions of amino acids on food intake and blood urea concentration of rats fed low-protein diets containing fibrin. *J. Nutrition*, **74**: 139-147. 1961.

6. Marsh, W. H., B. Fingerhut & H. Miller. Automated and manual direct methods for the determination of blood urea. *Clin. Chem.*, **11**: 624-627, 1965.
7. Getzkow, C. J. & J. M. Mosen. An accurate method for the determination of blood urea nitrogen by direct Nesslerization. *J. Biol. Chem.*, **143**: 531-544, 1942.
8. Whitehead, R. G. Rapid determination of some plasma amino acids in sub-clinical kwashiorkor. *Lancet*, **1**: 250-252, 1964.
9. Snedecor, G. W. **Statistical Method. Applied to Experiments in Agriculture and Biology**, with Chapter 17 on sampling, by William G. Cochran. 5th ed. Ames, Iowa, Iowa State College Press, 1957, 534 p.
10. Münchow, H. & H. Bergner. Untersuchungen zur Protein-Bewertung von Futtermitteln. 2. Mitteilung: Die Harnstoffkonzentration im Blut von Ratte und Schwein in Abhängigkeit vom biologischen Wert des gefütterten Nahrungsprotein. *Arch. Tierernaehr.* **17**: 141-150, 1967.
11. Hegsted, D. M., B. C. Mills, C. D. Elvehjem & E. B. Hart. Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, **138**: 459-466, 1941.
12. Manna, L & S. Hauge. A possible relationship of vitamin B<sub>13</sub> to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1953.
13. Orr, M. L. & B. K. Watt. **Amino Acid Content of Foods**. Washington, D. C., U. S. Government Printing Office 82, 1957, 82 p. (Home Economics Research Report N° 4).