

Recursos Proteínicos en América Latina

Editores:

Moisés Béhar y Ricardo Bressani

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

**Publicación INCAP L-1.
Guatemala, agosto de 1971**

CONSIDERACIONES SOBRE REQUERIMIENTOS DE PROTEINAS Y DE AMINOACIDOS

Dr. Guillermo Arroyave

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá

Guatemala, C.A.

A través de los años se han hecho varios intentos para estimar los requerimientos de proteínas del hombre. Un problema básico importante ha sido la falta de acuerdo, o más bien, la ignorancia con respecto al criterio o criterios a los cuales referir estos requerimientos.

Requerimientos Proteínicos Mínimos para Mantenimiento

Al presente, el concepto menos controversial es el de "requerimiento mínimo de proteína". Este se define como la cantidad más pequeña de proteína que un individuo tiene que consumir para compensar las pérdidas endógenas obligatorias de nitrógeno de su organismo.

Independientemente del tipo de estudio, varios investigadores han llegado esencialmente a los mismos resultados. La base fundamental postulada durante la primera parte de este siglo (1,2) y aplicada posteriormente por Hegsted (3), establece que para una variedad de especies de mamíferos, incluyendo al hombre, hay una relación constante entre la pérdida endógena obligatoria de nitrógeno urinario y el gasto energético basal. Esta pérdida alcanza 2 mg de nitrógeno por caloría basal; por consiguiente, sobre esta base, se necesitaría absorber diariamente, por caloría, 12.5 mg de proteína completamente utilizable para mantener la cantidad absoluta de nitrógeno corporal inalterada. A pesar de que se acepta que esta cifra es una generalización, y que evidencia reciente sugiere pérdidas menores (4, 5), por el momento se ha considerado más apropiado continuar aplicando el factor de 2 mg de nitrógeno por caloría basal, por día.

Además de esta pérdida obligatoria de nitrógeno por la orina, se sabe que ocurre una pérdida fecal obligatoria aun cuando los individuos reciben una dieta libre de nitrógeno. Esta se deriva de las secreciones vertidas en el tracto intestinal así como de la descamación de las células epiteliales del tracto alimentario. Para distinguirlo del nitrógeno fecal que resulta de la porción no digerible de las proteínas dietéticas, se le denomina "nitrógeno fecal endógeno". La estimación de esta pérdida varía según los grupos de expertos. El Grupo Mixto de Expertos FAO/OMS sugiere 20 mg/kg de peso corporal/día como una "estimación generosa" (6). Posteriormente el Consejo Nacional de Investigaciones (NRC) de los Estados Unidos de América, fundado en una revisión de la literatura, ha propuesto que la pérdida endógena fecal se tome como 0.4 mg/caloría basal (7), cifra que es alrededor de la mitad de la sugerida por el Grupo Mixto FAO/OMS.

Recientemente se ha llamado la atención sobre el hecho de que las pérdidas de nitrógeno por la piel son un componente significativo de las pérdidas obligatorias totales. En consecuencia, es necesario corregir las cifras de nitrógeno urinario y fecal, agregándoles la cifra estimada de pérdidas por la piel, constituidas por células tegumentarias, pelo y uñas, y nitrógeno soluble en el sudor. Tanto la FAO/OMS (6) como el NRC (7) han estimado estas pérdidas aproximadamente en 0.8 mg de nitrógeno por caloría basal para el adulto. A falta de evidencia más concreta, esta cifra también se aplica a niños mayores de un año.

La suma de estas pérdidas alcanza 3.2 mg de nitrógeno por caloría basal, lo cual se toma como el punto de partida para calcular el requerimiento de mantenimiento de adultos y niños. La cifra anterior equivale a 20 mg de proteína por caloría basal (3.2 x 6.25). Este método de computación se aplica a todos los individuos que sobrepasan un año de edad.

Las proteínas requeridas para crecimiento se estiman en base al contenido proteínico del tejido que representa la ganancia de peso normal. En números redondos, se acepta que el 18% del peso ganado es proteína (2.9% de nitrógeno) (8). La eficiencia de utilización de la proteína se toma como 100% ya que, por definición, los requerimientos proteínicos son expresados en términos de "proteína de referencia".

Así pues, los requerimientos de nitrógeno se expresan por medio de la siguiente ecuación:

$$R = O + H + P + C$$

en donde R es el requerimiento de nitrógeno, O es la pérdida de nitrógeno endógeno por la orina, H el nitrógeno endógeno fecal, P la pérdida por la piel, y C el nitrógeno requerido para crecimiento corporal.

Las cifras derivadas en esta forma, y multiplicadas por el factor 6.25 (asumiendo que el contenido promedio de nitrógeno de las proteínas es de 16%) da el requerimiento mínimo de proteína 100% utilizable, o sea de "proteína de referencia". En base a la naturaleza de los datos usados, estos valores representarían el requerimiento promedio de grupos de población, por lo cual se hace necesario corregirlos para tomar en cuenta la variabilidad individual. El Grupo Mixto FAO/OMS propuso un factor de variabilidad que se basa en la suposición de que la pérdida endógena de nitrógeno es la misma que la del metabolismo basal (6). Datos recabados de la literatura (9) indican que esta última es de tal magnitud que una desviación estándar es igual a 10% del promedio aproximadamente.

Según Bricker *et al.* (10), la cantidad de nitrógeno necesaria para mantener el equilibrio en mujeres tiene una desviación estándar de 14%, cifra muy cercana a la encontrada más recientemente por Hussein, Young y Scrimshaw (11) y Calloway y Margen (12), que es de alrededor de 15% del promedio. Asumiendo una distribución normal, el Grupo FAO/OMS propone agregar al promedio un 20% y el NRC un 30%, para obtener una cifra que cubra esencialmente el requerimiento de toda la población (97.5%).

Los Cuadros 1 y 2 muestran las cifras finales así obtenidas y los componentes de las mismas, para todas las edades, después del primer año de vida hasta el adulto.

Cabe señalar, sin embargo, que ni FAO/OMS (6) ni el NRC (7) recomiendan aplicar este método de computación para estimar los requerimientos proteínicos del niño menor de un año. Ambos grupos de expertos aceptan más bien como premisa básica, que cuando el niño lactante está siendo alimentado al pecho por una madre sana, bien nutrida, y con lactación normal, el bebé está consumiendo proteínas cualitativa y cuantitativamente adecuadas. La evidencia indica que la eficiencia de utilización de las proteínas de la leche de la madre por el niño, es de 100%. Sobre estas bases empíricas, FAO/OMS establece las cifras siguientes:

<u>Edad en meses</u>	<u>g de proteína/kg/día</u>
0 - 3	2.3
3 - 6	1.8
6 - 9	1.5
9 - 12	1.2

El NRC basa sus cálculos en el requerimiento calórico del niño lactante, derivando de esta manera las siguientes cifras:

<u>Edad en años</u>	<u>g de proteína/kg/día</u>
0 - 1/6	2.2
1/6 - 1/2	2.0
1/2 - 1	1.8

Existen algunas diferencias entre los dos grupos de cifras pero, en esencia, esto no es sino de importancia académica, ya que en general, al lactante que está recibiendo fórmulas, corrientemente se le administra en exceso sobre estas cantidades.

Otros dos estados fisiológicos especiales han sido considerados por los grupos de expertos citados (6, 7): embarazo y lactancia. Durante el embarazo se necesitan cantidades adicionales de proteínas para el crecimiento y mantenimiento del feto y tejidos accesorios, y se ha estimado que la acumulación absoluta es de 950 gramos durante los últimos dos trimestres, cifra que corregida por el factor de variabilidad, representa alrededor de 7 gramos de "proteína de referencia" al día, adicionales al requerimiento de una mujer no embarazada. Las bases para la estimación del requerimiento adicional de "proteína de referencia" de la mujer lactante es la cantidad de leche excretada y su contenido de proteína. Se ha estimado que la producción diaria de leche es en término medio de 850 cc con un límite superior de 1,200 cc. Si esta última cifra se multiplica por la concentración de proteínas (1.2 g/100 cc) se obtiene la cifra redonda de 15 gramos de "proteína de referencia" diaria. En vista de que en este caso se tomó el límite superior de secreción láctea, no debe aplicarse el factor de variabilidad individual.

Requerimientos proteínicos de humanos, después del primer año de vida hasta la edad adulta -
 sexo masculino (expresados en g/kg de peso corporal/día)

Edad	Ganancia diaria de peso g	Ganancia diaria de proteínas g/kg	Metabolismo basal Cal/kg	Proteína de mantenimiento g/kg	Requerimiento promedio de proteína "ideal" g/kg	Recomendación de proteína "ideal" g/kg
15.0 meses	8.3	0.12	61.5	1.23	1.35	1.75
21.0 "	8.8	0.12	53.4	1.07	1.19	1.55
2.5 años	6.7	0.08	48.3	0.97	1.05	1.37
3.5 "	6.8	0.07	42.8	0.86	0.93	1.21
4.5 "	7.1	0.06	40.1	0.80	0.86	1.12
5.5 "	8.3	0.06	39.8	0.80	0.86	1.12
6.5 "	9.9	0.07	39.5	0.79	0.86	1.12
7.5 "	10.7	0.06	39.6	0.79	0.85	1.11
8.5 "	10.0	0.05	37.1	0.74	0.79	1.03
9.5 "	11.1	0.05	35.1	0.70	0.75	0.97
10.5 "	11.7	0.05	33.1	0.66	0.71	0.92
11.5 "	12.8	0.05	31.1	0.62	0.67	0.87
12.5 "	16.9	0.06	29.2	0.58	0.64	0.83
13.5 "	17.0	0.05	29.3	0.59	0.64	0.83
14.5 "	13.5	0.04	28.5	0.57	0.61	0.91
15.5 "	11.4	0.03	27.7	0.53	0.56	0.73
16.5 "	9.4	0.02	25.8	0.52	0.54	0.70
17.5 "	5.5	0.01	25.0	0.50	0.51	0.66
Adulto	-	-	25.0	0.50	0.50	0.65

CUADRO 2

Requerimientos proteínicos de humanos, después del primer año de vida hasta la edad adulta -
 sexo femenino (expresados en g/kg de peso corporal/día)

Edad	Ganancia diaria de peso g	Ganancia diaria de proteínas g/kg	Metabolismo basal Cal/kg	Proteína de mantenimiento g/kg	Requerimiento promedio de proteína "ideal" g/kg	Recomendación de proteína "ideal" g/kg
15.0 meses	7.1	0.14	66.7	1.33	1.47	1.91
21.0 "	6.0	0.11	58.5	1.17	1.28	1.66
2.5 años	4.3	0.07	54.7	1.09	1.16	1.51
3.5 "	5.0	0.07	49.7	0.99	1.06	1.38
4.5 "	6.3	0.07	46.0	0.92	0.99	1.29
5.5 "	4.7	0.05	45.4	0.92	0.97	1.26
6.5 "	5.7	0.05	44.7	0.89	0.94	1.22
7.5 "	5.1	0.04	42.9	0.86	0.90	1.17
8.5 "	5.0	0.04	41.4	0.82	0.86	1.12
9.5 "	5.6	0.04	38.7	0.78	0.82	1.07
10.5 "	6.8	0.05	36.8	0.74	0.79	1.03
11.5 "	8.6	0.05	34.5	0.69	0.74	0.96
12.5 "	12.9	0.07	32.1	0.64	0.71	0.92
13.5 "	13.8	0.07	28.1	0.56	0.62	0.81
14.5 "	7.9	0.03	27.9	0.56	0.59	0.77
15.5 "	4.4	0.02	25.9	0.52	0.54	0.70
16.5 "	2.4	0.01	25.5	0.51	0.52	0.68
17.5 "	0.9	0.003	24.4	0.49	0.49	0.64
Adulto	-	-	24.5	0.50	0.50	0.65

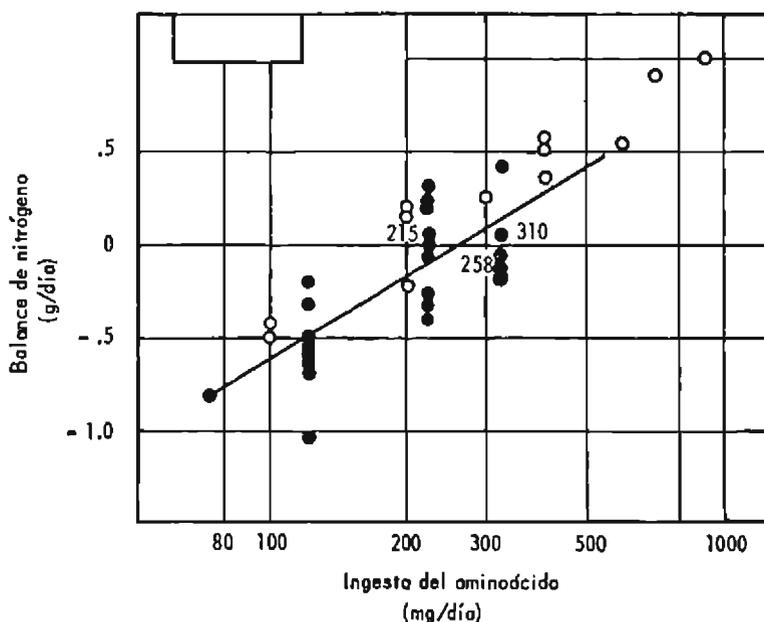
Requerimientos de Aminoácidos

Desde el punto de vista metabólico, todos los aminoácidos que entran en la composición de las proteínas tisulares del organismo son indispensables, ya que faltando cualquiera de ellos no podría haber síntesis proteínica. Desde el punto de vista nutricional, sin embargo, se reconocen como *esenciales* o *indispensables*, aquéllos que el organismo no puede sintetizar (o no puede hacerlo a velocidad suficiente) y que, por consiguiente, tienen que ser suministrados en cantidades adecuadas por las proteínas dietéticas. Para el adulto humano éstos son ocho: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano y valina. El requerimiento de fenilalanina es menor en presencia de tirosina, y el de metionina se reduce también en presencia de cistina. El niño lactante y post-lactante de temprana edad necesita también ingerir histidina preformada. De estas consideraciones se deduce que, desde el punto de vista nutricional, hay un requerimiento mínimo de estos aminoácidos esenciales que hay que ingerir para asegurar una nutrición adecuada. Los trabajos pioneros de Rose y colaboradores (13-19) constituyen las primeras contribuciones hacia el conocimiento de los requerimientos de aminoácidos esenciales del adulto. En los años subsiguientes otros investigadores han complementado esta información (20-28). En general, el criterio usado en estos estudios en adultos fue la cantidad del aminoácido en cuestión que resultó en equilibrio nitrogenado cuando la dieta contenía todos los demás aminoácidos esenciales en cantidades suficientes. Con excepción de Rose *et al.*, los otros investigadores usaron mujeres, y definieron el "equilibrio nitrogenado" como la "zona en que la diferencia entre la ingestión y la excreción no excede $\pm 5\%$ ". Los datos de Rose *et al.* son ligeramente más altos, diferencia que se cree debida no tanto a que sus sujetos eran del sexo masculino, sino más bien al hecho de que usó un criterio distinto. Rose *et al.* trataron de determinar para cada uno de los individuos la cantidad de aminoácido que inducía un balance claramente positivo, y después seleccionaron el valor para el individuo con el mayor requerimiento para la cifra propuesta como "requerimiento mínimo"

Hegsted (29), en un excelente trabajo, analizó los datos disponibles y subrayó la gran variabilidad de las cifras. Gran parte de esta variabilidad puede deberse a factores metodológicos pero, por otro lado, no puede descartarse la variabilidad individual *per se*. Este autor calculó las líneas de regresión para los datos disponibles de investigaciones en que se hubiera usado el mismo tipo de sujeto (mujeres) y técnica similar, y determinó así el punto en el cual la línea de regresión cruza la línea de equilibrio nitrogenado, o sea la ingesta del aminoácido que resulta en balance de nitrógeno igual a cero. La Gráfica 1 ilustra uno de estos cálculos.

Nakagawa *et al.* (30-33) usando métodos similares determinaron los requerimientos de aminoácidos esenciales para niños de 10 a 12 años. El otro grupo de edad en que se han hecho determinaciones directas de requerimientos de estos compuestos es el de lactantes de 2 a 6 meses (34). El criterio usado por estos autores fue la cantidad mínima de cada aminoácido que en presencia de cantidades adecuadas de todos los

demás, restauraba una retención de nitrógeno satisfactoria y era compatible con una ganancia de peso corporal adecuada.



CUADRO 3

Requerimientos de proteínas del niño lactante

Meses	FAO/OMS (1965)*	NRC (1968)**	
	g/kg/día	Años	g/kg/día
0 - 3	2.3	0 - 1/6	2.2
3 - 6	1.8	1/6 - 1/2	2.0
6 - 9	1.5		
9 - 12	1.2	1/2 - 1	1.8

* Véase referencia (6).

** Véase referencia (7).

CUADRO 4

Relación entre requerimientos de aminoácidos esenciales y de proteína en función de la edad

Aminoácidos mg/kg/día	2 - 6 meses*	10-12 años**	Adultos***	2 - 6 meses/adultos
Isoleucina	119	28	7.8	15
Leucina	150	43	10.7	14
Lisina	103	60	8.6	12
Metionina	45	-	3.1	15
Fenilalanina	90	27	3.8	24
Treonina	87	35	5.3	16
Triptofano	22	4	2.7	8
Valina	105	33	11.2	9
Proteína de refe- rencia g/kg/día	2.0	0.87	0.65	3

* Véase referencias (30-33).

** Véase referencia (34).

*** Requerimientos de mujeres adultas, calculados por kg de peso tomando el peso de la mujer de referencia (NRC), de 58 kg (Véase, además, referencia 29).

Valor Nutritivo de las Proteínas Dietéticas - Para Quién?

El valor nutritivo de una proteína dietética ha sido definido como el grado en que ésta es utilizada por el organismo para la síntesis de proteínas tisulares. Se ha demostrado que éste depende del patrón y de la cantidad de aminoácidos esenciales que la proteína ofrece al organismo después de su absorción por el intestino. Los conceptos apuntados son de aceptación universal.

Los métodos usados para determinar el valor nutritivo de las proteínas, tanto químicos como biológicos, las catalogan a lo largo de una escala numérica de valores específicos para cada método, pero, en términos finales los resultados se traducen a cifras de por ciento de utilización. En esta forma, puede decirse que una proteína es utilizada en un 60 ó 70% por ejemplo. Cabe preguntar, sin embargo, ¿por quién va a ser utilizada?

En este trabajo se pretende demostrar que el hecho de que una proteína o una mezcla de proteínas tenga una utilización neta (UPN) de 70% no tiene sentido, y que en términos de nutrición del hombre adulto, por ejemplo, el valor es inaplicable. En otras palabras, el índice de utilización depende de la edad, y probablemente también de la especie, por lo que si ese índice ha sido determinado en ratas en crecimiento, éste debe aplicarse solamente a la rata en crecimiento, a menos que se demuestre su aplicabilidad en otros casos.

Sobre estas bases, el valor nutritivo de una proteína debería redefinirse como el grado a que, cuando esta proteína se ingiere en cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos de nitrógeno, también satisface los requerimientos de cada aminoácido esencial considerado individualmente. La "proteína ideal" o "proteína de referencia" puede entonces redefinirse como aquella cuya composición es tal que, cuando se consume en cantidad suficiente para compensar las pérdidas obligatorias de nitrógeno,* aporta al organismo una cantidad de cada aminoácido esencial suficiente para satisfacer los requerimientos específicos de éstos. A título de ejemplo, podría decirse que con base en este concepto, una proteína que tradicionalmente es considerada de mala calidad, tal como la proteína de maíz, reúne en realidad las características de "proteína ideal" o "proteína de referencia", para el adulto humano.

Se han calculado las cantidades de proteína de leche de vaca y de proteína de maíz que individuos de tres grupos de edad deberían consumir para llenar sus requerimientos de cada uno de los aminoácidos esenciales individuales. Los resultados se tabulan en los Cuadros 5 y 6 para adultos, 7 y 8 para niños de 10 a 12 años de edad, y 9 y 10 para lactantes. En cada tabulación, la cifra más alta de la última columna representa la cantidad mínima de cada proteína que, si es ab-

* En los niños se agrega una cantidad adicional de nitrógeno que debe ser retenida para permitir un crecimiento normal.

sorbida totalmente, suministrará el requerimiento mínimo especificado para el aminoácido esencial más limitante. Esta cifra corregida por el factor de digestibilidad, se presenta en la nota que figura al pie de cada cuadro. Es obvio que si se proporciona dicha cantidad de proteína, las necesidades para los otros aminoácidos esenciales también habrán sido satisfechas.

Para adultos

Según muestran los Cuadros 5 y 6, una cantidad de 12 gramos por día de proteína de leche de vaca o 28 gramos por día de proteína de maíz, serían suficientes para satisfacer el requerimiento de aminoácidos esenciales de un adulto joven. Corregidas por absorción éstas son 13 y 33 gramos por día, respectivamente.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Investigaciones (NRC) (7), las recomendaciones dietéticas para el hombre de referencia de los Estados Unidos son las siguientes:

Requerimiento calórico basal para un hombre de 70 kg.....	1,750
Requerimiento de "proteína ideal".....	20 mg/caloría basal*
De donde se deduce, que el requerimiento total de "pro- teína ideal" por día es de...	$\frac{1,750 \times 20}{1,000} = 35 \text{ g}$
Corrección por variabilidad individual dentro de una po- blación (30%).....	10.5 g
Recomendación dietética de "proteína ideal"	45.5 g/día

Estos cálculos revelan que, obviamente, la proteína de leche de vaca tiene relativamente un considerable exceso de aminoácidos esenciales, y que en teoría al menos, para el adulto podría ser diluida con nitrógeno no esencial hasta el grado de (45.5) o sea 3.5 veces sin perder su categoría de "proteína ^{13.0} ideal" de acuerdo con la definición aquí propuesta. Es claro también que aún la proteína de maíz es "ideal" para el adulto humano, ya que en los 45.5 gramos o hasta en 35 gramos sin corregir por variabilidad que se necesitan para llenar los requerimientos de nitrógeno, habría una cantidad suficiente de cada aminoácido esencial, hasta del más limitante. En consecuencia, el muy bajo valor biológico o utilización neta de la proteína de maíz, determinado en la rata en proceso de crecimiento, no tendría sentido para la nutrición del adulto humano, para quien el índice de utiliza-

* Para compensar los 3.2 mg de nitrógeno por caloría basal estimados como la pérdida obligatoria diaria de nitrógeno a través de la orina, heces y piel.

CUADRO 5

Cantidad calculada de proteína de leche de vaca que es necesario ingerir para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales de adultos jóvenes

Aminoácidos	Requerimiento (mg/día) Hegsted*	Contenido de aminoácidos en la proteína de leche, mg/g	Cantidad de proteína de leche necesaria para satisfacer requerimiento, g/día
Triptofano	168	14	12.0**
Fenilalanina	258	49	5.3
Treonina	375	46	8.1
Isoleucina	550	65	8.5
Lisina	544	78	7.0
Metionina	194***	25	7.8
Valina	622	69	9.0
Leucina	727	99	7.4

* Véase referencia (29).

** En base a triptofano, se necesitan 12.0 g/kg/día. Asumiendo una pérdida fecal de 10%, se requieren alrededor de 13 g de proteína de leche/kg/día.

*** En presencia de cistina.

CUADRO 6

Cantidad calculada de proteína de maíz que es necesario ingerir para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales de adultos jóvenes

Aminoácidos	Requerimiento (mg/día) Hegsted*	Contenido de aminoácidos en la proteína de maíz, mg/g	Cantidad de proteína de maíz necesaria para satisfacer requerimiento, g/día
Triptofano	168	6	27.5**
Fenilalanina	258	45	5.7
Treonina	375	40	9.4
Isoleucina	550	46	11.9
Lisina	544	29	18.2
Metionina	194***	19	14.3
Valina	622	51	12.1
Leucina	727	130	5.5

* Véase referencia (29).

** En base a triptofano, se necesitan 27.5 g/kg/día. Asumiendo una pérdida fecal de 20%, se requieren alrededor de 33 g de proteína de maíz/kg/día.

*** En presencia de cistina.

ción de la proteína de maíz, cuando ésta es consumida al nivel de requerimiento proteínico para satisfacer las necesidades de nitrógeno, sería de 100%. La recomendación nutricional de 45.5 gramos ciertamente no necesita de "factor de corrección por calidad proteínica"; sin embargo, se ha aplicado un factor de corrección a estas recomendaciones dietéticas de proteína ideal para adultos, con el objeto de corregir por la calidad de la proteína dietética. El NRC (7) asume que la eficiencia de utilización de la proteína de la "dieta mixta" en los Estados Unidos es solamente el 70%, y corrige las cifras recomendadas de proteína ideal utilizando este factor para todos los grupos de edad, incluyendo el adulto. Nuestra propuesta en esta exposición es, que dicho factor de corrección es básicamente erróneo, y que aumenta innecesariamente la recomendación práctica dietética de proteínas para el adulto.

Para niños de 10 a 12 años de edad

Los Cuadros 7 y 8 muestran que, asumiendo una absorción de 100%, un niño de 10 a 12 años de edad requiere 1.08 g de proteína de leche de vaca y 2.08 g de proteína de maíz para satisfacer sus requerimientos de cada aminoácido esencial. Cuando estas cifras se corrigen por el porcentaje de absorción, se convierten en 1.19 y 2.5 g/kg/día, respectivamente.

La cifra de requerimiento de 27 mg/kg/día para metionina, derivada por Nakagawa, Takahashi y Suzuki (32), fue determinada en ausencia de cistina y puede que sea demasiado alta. Es posible, por consiguiente, que el requerimiento de proteína de 1.08 g/kg/día (véase la última columna del Cuadro 3), pueda ser bajo. Pero aún sobre la base de lisina la cantidad de proteína de leche necesitada sería de 0.77 gramos, más 10%, igual a 0.85 g/kg/día.

El NRC calcula que el requerimiento total de nitrógeno de un niño de 11 años de edad, sobre bases de la cantidad necesaria para compensar las pérdidas obligatorias de nitrógeno, más la cantidad requerida para mantener el crecimiento adecuado, es de 0.69 g/kg/día de proteína ideal. Al corregir por variabilidad individual (30%), la cifra recomendada sería 0.90 g/kg/día. Así, puede verse que los niños en este grupo de edad necesitan llenar sus requerimientos de proteína total o nitrógeno total con una proteína cuya calidad sea al menos tan buena como la de la leche, y muy probablemente, hasta mejor. En efecto, la cantidad a ser ingerida para satisfacer los requerimientos totales de proteína ideal exige 0.90 g/kg/día, la cual es aún ligeramente inferior a la que se necesita ingerir de proteína de leche para proveer una cantidad suficiente del aminoácido más limitante (1.19 g/kg/día). El índice de utilización de la proteína de leche de vaca sería $\frac{0.90}{1.19}$, o sea prácticamente igual a 100%. La proteína de maíz $\frac{0.90}{2.50}$ prueba ser una "proteína pobre" para el niño de 10 a 12 años, porque 0.90 g/kg/día de la misma proporcionaría solamente $\frac{0.90}{2.50}$, igual a 36% de la lisina requerida para esa edad. De acuerdo con este método de cálculo, dicha cifra (36%) sería el "índice de utilización" o valor nutritivo de la proteína de maíz para un niño de 10 a 12 años de edad.

CUADRO 7

Cantidad calculada de proteína de leche de vaca que es necesario ingerir para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales de niños de 10 a 12 años de edad

Aminoácidos	Requerimiento mg/kg/día Nakagawa <i>et al.</i> *	Contenido de aminoácidos en la proteína de leche, mg/g	Cantidad de proteína de leche necesaria para satisfacer requere- rimiento, g/kg/día
Triptofano	9	14	0.64
Fenilalanina	27	49	0.55
Treonina	35	46	0.76
Isoleucina	30	65	0.46
Lisina	60	78	0.77
Metionina	27**	25	1.08***
Valina	33	69	0.48
Leucina	45	99	0.45

* Véase referencias (30-33).

** En ausencia de cistina.

*** En base a metionina se necesitan 1.08 g/kg/día. Asumiendo una pérdida fecal de 10%, se requieren 1.19 g de proteína de leche/kg/día. En base a lisina, se necesitan 0.85 g de proteína de leche/kg/día.

CUADRO 8

Cantidad calculada de proteína de maíz que es necesario ingerir para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales de niños de 10 a 12 años de edad

Aminoácidos	Requerimiento mg/kg/día Nakagawa <i>et al.</i> *	Contenido de aminoácidos en la proteína de maíz, mg/g	Cantidad de proteína de maíz necesaria para satisfacer requere- rimiento, g/kg/día
Triptofano	9	6	1.47
Fenilalanina	27	45	0.59
Treonina	35	40	0.87
Isoleucina	30	46	0.65
Lisina	60	29	2.08**
Metionina	27***	19	1.04
Valina	33	51	0.64
Leucina	45	130	0.34

* Véase referencias (30-33).

** En base a lisina, se necesitan 2.08 g/kg/día. Asumiendo una pérdida fecal de 20%, se requieren alrededor de 2.5 g de proteína de maíz/kg/día.

*** En ausencia de cistina.

CUADRO 9

Cantidad calculada de proteína de leche de vaca que es necesario ingerir para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales de recién nacidos

Aminoácidos	Requerimiento mg/kg/día Holt y Snyderman*	Contenido de aminoácidos en la proteína de leche, mg/g	Cantidad de proteína de leche necesaria para satisfacer reque- rimiento, g/kg/día
Triptofano	22	14	1.57
Fenilalanina	90	49	1.85
Treonina	87	46	1.88
Isoleucina	126	65	1.93**
Lisina	103	78	1.33
Metionina	45***	25	1.80
Valina	105	69	1.53
Leucina	150	99	1.52
Histidina	34	26	1.30

* Véase referencia (34).

** En base a isoleucina, se necesitan 1.93 g/kg/día. Asumiendo 10% de pérdida fecal, la cantidad necesaria de proteína de leche sería de 2.1 g/kg/día.

*** En presencia de lisina.

CUADRO 10

Cantidad calculada de proteína de maíz que es necesario ingerir para satisfacer los requerimientos de aminoácidos esenciales de recién nacidos

Aminoácidos	Requerimiento mg/kg/día Holt y Snyderman*	Contenido de aminoácidos en la proteína de maíz, mg/g	Cantidad de proteína de maíz necesaria para satisfacer reque- rimiento, g/kg/día
Triptofano	22	6	3.62**
Fenilalanina	90	45	1.98
Treonina	87	40	2.19
Isoleucina	126	46	2.73
Lisina	103	29	3.58
Metionina	45***	19	2.42
Valina	105	51	2.06
Leucina	150	130	1.16
Histidina	34	21	1.65

* Véase referencia (34).

** En base a triptofano, se necesitan 3.62 g/kg/día. Asumiendo una digestibilidad de 80%, la cantidad de proteína de maíz a ingerir sería de 4.34 g/kg/día.

*** En presencia de cistina.

Para lactantes

De acuerdo con los datos incluidos en los Cuadros 9 y 10, los niños lactantes* requieren 1.93 g/kg/día de proteína de leche de vaca, asumiendo una absorción completa, y 3.62 g/kg/día de proteína de maíz asumiendo también una absorción completa, para llenar sus requerimientos de cada aminoácido esencial. Aplicando factores de corrección por el porcentaje de digestibilidad se obtienen las cifras de 2.1 y 4.34 g/kg/día, respectivamente.

De acuerdo con el NRC, el requerimiento de "proteína ideal" (leche materna) para este grupo de edad es de 2.2 g/kg/día. De los datos expuestos y del examen del Cuadro 11, se infiere que la cantidad de proteína de leche de vaca a ser ingerida por kg/día para llenar los requerimientos de proteína total o nitrógeno total del lactante, aporta también las cantidades requeridas de cada uno de los aminoácidos esenciales más limitantes. En consecuencia, la proteína de la leche de vaca parece ser adecuada. Con la proteína de maíz la situación es muy diferente, porque 2.2 g/kg/día suministrarían solamente 51% $\frac{(2.2)}{4.3}$ de la lisina o del triptofano requerido por el niño lactante.

En el mismo Cuadro 11 se presenta un resumen comparativo de los cálculos provistos en párrafos anteriores. La calidad "biológico-nutricional específica" (CBNE) de una proteína, estaría determinada por la siguiente ecuación:

$$\text{CBNE} = \frac{\text{Requerimiento de N} \times 6.25}{\text{Cantidad de la proteína en cuestión que satisface el requerimiento de cada aminoácido esencial}} \times 100$$

Para concluir, es preciso enfatizar que las cifras y cálculos presentados no son de ninguna manera definitivos, principalmente porque es necesario tener datos más sólidos con respecto a los requerimientos de cada uno de los aminoácidos esenciales. Es obvia, pues, la necesidad de proceder a investigaciones más a fondo en este campo. Sin embargo, estos conceptos se proponen con el objeto de señalar un punto de vista diferente con respecto a la cuestión del valor nutritivo de las proteínas dietéticas, tomando en cuenta los requerimientos de nitrógeno conjuntamente con los requerimientos de aminoácidos esenciales en relación a la edad y al estado fisiológico de los individuos.

* Holt y colaboradores determinaron los requerimientos de aminoácidos en niños menores de seis meses de edad.

CUADRO 11

Comparación entre la cantidad de proteína de leche o de maíz necesaria para llenar los requerimientos de aminoácidos esenciales, con la cantidad de proteína (N x 6.25) requerida para satisfacer solamente las necesidades de nitrógeno (expresada en g/kg/día)

Edad	Peso kg	Cantidad que satisface los requerimientos de aminoácidos esenciales		Ingesta de proteína recomendada para satisfacer los requerimientos de nitrógeno
		Proteína de leche	Proteína de maíz	
Lactante (3 meses)	6	2.10	4.34	2.20
Niño (10-12 años)	33	0.85	2.50	0.90
Adulto (♂)	65	0.19	0.47	0.65

Referencias

1. Terroine, E. F., and H. Sorg-Matter. Loi quantitative de la dépense azotée minima des homeothermes: validité interspécifique. *Arch. Internat. Physiol.*, 29:121, 1927.
2. Smutz, D. B. The relation between the basal metabolism and the endogenous nitrogen metabolism, with particular reference to the estimation of the maintenance requirement of protein. *J. Nutrition*, 9:403, 1935.
3. Hegsted, D. M. Theoretical estimates of the protein requirements of children. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 33:225, 1957.
4. V. R. Young, and N. S. Scrimshaw. Endogenous nitrogen metabolism and plasma free amino acids in young adults given a protein-free diet. *Brit. J. Nutr.*, 22:9, 1968.
5. Fomon, S. J., E.M. DeMaeyer, and G. M. Owen. Urinary and fecal excretion of endogenous nitrogen by infants and children. *J. Nutrition*, 85:235, 1965.
6. *Protein Requirements*. Report of a Joint FAO/WHO Expert Group, Geneva, World Health Organization, 1965. (Technical Report Series No. 301).
7. National Research Council. *Recommended Dietary Allowances*. 7th rev. ed. Washington, D.C., National Academy of Sciences-National Research Council, 1968. (Publication 1694).
8. National Research Council. *Evaluation of Protein Nutrition*. Washington, D.C., National Academy of Sciences-National Research Council, 1959. (Publication 711).
9. Shock, N. W., D. M. Watkin, M. J. Yiengst, A. H. Norris, G. W. Gaffney, R. I. Gregerman, and J. A. Falzone. Age differences in the water content of the body as related to basal oxygen consumption in males. *J. Gerontology*, 18:1, 1963.
10. Bricker, M. L., R. F. Shively, J. M. Smith, H. H. Mitchell, and T. S. Hamilton. The protein requirements of college women on high cereal diets, with observations on the adequacy of short balance periods. *J. Nutrition*, 37:163, 1949.
11. Huseein, M. A., V. R. Young, and N. S. Scrimshaw. Variations in endogenous nitrogen excretion in young men. *Fed. Proc.*, 27:485, 1968.
12. Calloway, D. H., and S. Margen. On predicting individual protein requirement. *Fed. Proc.*, 26:629, 1967.
13. Rose, W.C., and R.L. Wixom. The amino acid requirements of man. XII. The sparing effect of cystine on the methionine requirement. *J. Biol. Chem.*, 216:763, 1955.
14. Rose, W. C., C. H. Eades, Jr., and M. J. Coon. The amino acid requirements of man. XII. The leucine and isoleucine requirements. *J. Biol. Chem.*, 216:225, 1955.
15. Rose, W. C., G. F. Lambert, and M. J. Coon. The amino acid requirements of man. VII. General procedures; the tryptophan requirement. *J. Biol. Chem.*, 211:815, 1954.
16. Rose, W. C., A. Borman, M. J. Coon, and G. F. Lambert. The amino acid requirements of man. X. The lysine requirement. *J. Biol. Chem.*, 214:579, 1955.
17. Rose, W. C., M. J. Coon, H. B. Lockhart, and G. F. Lambert. The amino acid requirements of man. XI. The threonine and methionine requirements. *J. Biol. Chem.*, 215:101, 1955.
18. Rose, W. C., B. E. Leach, M. J. Coon, and G. F. Lambert. The amino acid requirements of man. IX. The phenylalanine requirement. *J. Biol. Chem.*, 213:913, 1955.

19. Rose, W. C., R. L. Wixom, H. B. Lockhart, and G. F. Lambert. The amino acid requirements of man. XV. The valine requirement; summary and final observations. *J. Biol. Chem.*, 217:987, 1955.
20. Swendseid, M. E., and Dunn, M. S. Amino acid requirements of young women based on nitrogen balance data. II. Studies on isoleucine and on minimum amounts of the eight essential amino acids fed simultaneously. *J. Nutrition*, 58:507, 1956.
21. Swendseid, M. E., I. Williams, and M. S. Dunn. Amino acid requirements of young women based on nitrogen balance data. I. The sulfur-containing amino acids. *J. Nutrition*, 58:495, 1956.
22. Leverton, R. M., N. Johnson, J. Pazin, and J. Ellison. The quantitative amino acid requirements of young women. III. Tryptophan. *J. Nutrition*, 58:219, 1956.
23. Leverton, R. M., N. Johnson, J. Ellison, D. Geschwender, and F. Schmidt. The quantitative amino acid requirements of young women. IV. Phenylalanine with and without tyrosine. *J. Nutrition*, 58:341, 1956.
24. Leverton, R. M., J. Ellison, N. Johnson, J. Pazin, F. Schmidt, and D. Geschwender. The quantitative amino acid requirements of young women. V. Leucine. *J. Nutrition*, 58:355, 1956.
25. Leverton, R. M., M. R. Grann, E. Brodovsky, M. Chaloupka, A. Mitchell, and N. Johnson. The quantitative amino acid requirements of young women. II. Valine. *J. Nutrition*, 58:83, 1956.
26. Leverton, R. M., M. R. Grann, M. Chaloupka, E. Brodovsky, and A. Mitchell. The quantitative amino acid requirements of young women. I. Threonine. *J. Nutrition*, 58:59, 1956.
27. Jones, E. M., C. A. Bauman, and M. S. Reynolds. Nitrogen balance of women maintained on various levels of lysine. *J. Nutrition*, 60:549, 1956.
28. Reynolds, M. S., D. L. Steel, E. M. Jones, and C. A. Bauman. Nitrogen balances of women maintained on various levels of methionine and cystine. *J. Nutrition*, 64:99, 1958.
29. Hegsted, D. M. Variation in requirements of nutrients - amino acids. *Fed. Proc.*, 22:1424, 1963.
30. Nakagawa, I., T. Takahashi, and T. Suzuki. Amino acid requirements of children. *J. Nutrition*, 71:176, 1960.
31. Nakagawa, I., T. Takahashi, and T. Suzuki. Amino acid requirements of children: isoleucine and leucine. *J. Nutrition*, 73:186, 1961.
32. Nakagawa, I., T. Takahashi, and T. Suzuki. Amino acid requirements of children: minimal needs of lysine and methionine based on nitrogen balance method. *J. Nutrition*, 74:401, 1961.
33. Nakagawa, I., T. Takahashi, T. Suzuki, and K. Kobayashi. Amino acid requirements of children: minimal needs of threonine, valine and phenylalanine based on nitrogen balance method. *J. Nutrition*, 77:61, 1962.
34. Holt, L. E., Jr., and S. E. Snyderman. The amino acid requirements of infants. *J. Am. Med. Assoc.*, 175:100, 1961.