

EL VALOR NUTRICIONAL DEL ARROZ EN COMPARACION CON EL DE OTROS CEREALES EN LA DIETA HUMANA DE AMERICA LATINA

Ricardo Bressani

Jefe de la División de Ciencias
Agrícolas y de Alimentos del
Instituto de Nutrición de
Centro América y Panamá (INCAP)
Ciudad de Guatemala, Guatemala.

INTRODUCCION

Entre los cultivos alimenticios, los cereales se consideran como los de mayor rendimiento, y por este motivo han sido y seguirán siendo fuente primordial de alimento para la población mundial. Los cereales constituyen la fuente principal de calorías para una gran mayoría, y suministran dos terceras partes y aún más del consumo total de proteínas, así como cantidades significativas de vitaminas y otros nutrientes. A medida que aumente la población del mundo, la dependencia en los cereales para satisfacer las necesidades nutricionales del hombre también aumentará, ya que su capacidad de rendimiento de calorías por unidad de área cultivada, es una de las más elevadas.

Los cereales generalmente tienen un bajo contenido de proteína, y aun cuando ésta sea de mejor calidad, como es la del arroz, no pueden por sí solos suplir la proteína en la concentración y la calidad que requieren los niños pequeños una vez dejan de recibir cantidades adecuadas de leche.

En los países en vía de desarrollo los atollos a base de cereales se ofrecen casi universalmente a los niños. Sin embargo, la ineficacia de éstos en suplir proteínas de alta calidad y en cantidades adecuadas, explica de hecho la necesidad de suplementar con proteína las dietas a base de cereales, sobre todo la destinada a niños pequeños.

El contenido proteínico por sí solo de ningún modo es indicación de su valor nutritivo. El contenido de aminoácidos esenciales y la disponibilidad de estos aminoácidos son factores de gran importancia. En este sentido es un hecho reconocido que los cereales considerados como grupo, son bajos en su contenido de lisina, y muchos son deficientes en uno o más de los otros aminoácidos esenciales. El patrón de estos aminoácidos se aleja significativamente del patrón ideal de aminoácidos. Finalmente, la

proteína de los cereales contiene menor cantidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales que las proteínas de origen animal, y aún que las de origen vegetal. Por lo tanto, generalmente son menos adecuados como fuentes proteicas, aun cuando se haya corregido su principal deficiencia de aminoácidos.

En esta comunicación se reseñan parcialmente los trabajos llevados a cabo en animales de experimentación y en humanos, sobre el valor nutricional de la proteína del arroz como fuente única de alimento o en combinación con otros alimentos. Se compara también con otros cereales de importancia en la dieta latinoamericana.

CONSUMO DE ARROZ

En América Central

La composición de ingredientes de la dieta humana varía enormemente a través del mundo. Sin embargo, la mayor diferencia estriba en lo que se refiere a la ingesta **per capita** de granos, ya sea que éstos se consuman directa o indirectamente. A pesar de que el trigo, el arroz y el maíz son los principales cereales consumidos por el hombre en el caso de la población latinoamericana, éstos sólo constituyen parte de la dieta habitual. De los tres, el maíz es probablemente el más importante, por lo menos en la gran mayoría de los países.

Como sucede con otros alimentos, los hábitos y costumbres, así como las prácticas culinarias, el trasfondo antropológico y la disponibilidad, influyen en gran medida el nivel específico de consumo de estos cereales. Los resultados pertinentes de una serie de encuestas nutricionales llevadas a cabo en los seis países del Istmo Centroamericano se resumen en El Cuadro No. 1 (24, 27). Los datos revelan el consumo de arroz en los sectores rural y urbano de cada uno de los países citados en el Cuadro. Para propósitos de comparación se expo-

Cuadro No. 1. — Consumo de arroz y otros cereales en el Istmo centroamericano.

País	Arroz		Otros cereales	
	Ingesta/persona/día			
	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Guatemala	16	27	547	306
Salvador	27	55	560	320
Honduras	29	50	365	293
Nicaragua	54	80	255	168
Costa Rica	100	103	128	121
Panamá	186	150	82	87

nen también los mismos datos para otros cereales. Con la excepción de Costa Rica, la ingesta de arroz es significativamente mayor en el medio urbano que en las áreas rurales de cada país, diferencia ésta que no ha podido esclarecerse a ciencia cierta. Es muy probable que ello se deba a varias razones ya citadas: baja producción, disponibilidad y alto costo, así como a causa de que los centros de procesamiento están localizados en el sector urbano, lo que hace más costosa su distribución en las zonas rurales. Más aún, el arroz se consume muy rara vez en preparaciones tales como pan de trigo o tortillas de maíz, medida que contribuye al consumo de estos productos como acompañantes de otros alimentos.

El trigo y el maíz se incluyen bajo el acápite "Otros cereales" del Cuadro No. 1, aun cuando las cifras que allí se citan corresponden principalmente a maíz, sobre todo en los sectores rurales. En este caso, la ingesta rural es más lata en todos los países salvo en Costa Rica y Panamá. Estos resultados han sido explicados con base en los antecedentes étnicos y otras influencias, así como a partir del estado socioeconómico de la población. En Panamá, la influencia oriental es probablemente el factor responsable del alto consumo de arroz por parte de la población panameña, mientras que el ancestro Maya ha hecho que el maíz sea el alimento más importante en los otros cinco países. En el caso de Costa Rica es probable que el estado socioeconómico de sus habitantes sea el responsable de que en ese país la ingesta de arroz sea similar a la de otros cereales.

En América del Sur y México

Estudios llevados a cabo en otros países latinoamericanos han revelado resultados similares. En el Cuadro No. 2 se resumen los hallazgos en cuanto al consumo de arroz en América del Sur y México, comparado con la ingesta de otros cereales (18). Entre los países que figuran en dicho Cuadro, Brasil acusa el con-

sumo más alto, siendo éste similar a las ingestas determinadas en Costa Rica y Panamá, según se indicó. Argentina acusa la menor ingesta **per capita** —semejante a la del medio rural de Guatemala— pero por razones del todo diferentes. El consumo de otros cereales es tan alto o aún más elevado que el del arroz; en algunos países predomina el de trigo, y en otros, el de maíz.

Para propósitos de comparación, en el mismo Cuadro se incluyen también datos sobre el consumo de arroz en Formosa y en las Islas Filipinas, respectivamente, pudiéndose observar que con la posible excepción de Brasil, el consumo de arroz es mucho más bajo en todos los países latinoamericanos. En el caso de este país en particular el arroz y los frijoles constituyen en general el plato de consumo diario.

El aporte del arroz al consumo diario total de proteínas y calorías se reseña en el Cuadro No. 3 (18). Tal como lo indican claramente las cifras, es obvio que si la ingesta de arroz es relativamente baja en América Latina, la contribución de nutrientes de este cereal a la dieta también es muy baja.

Con base en la información expuesta, puede concluirse que en la mayoría de los países latinoamericanos, el arroz no es tan importante como otros cereales. Sin embargo, en algunos de ellos la ingesta de este cereal es relati-

Cuadro No. 2. — Consumo de cereales en países de América del Sur y México*

(expresado en g/persona/día)

País	Arroz	Trigo	Maíz	Avena	Todos los cereales menos arroz
Argentina	11.4	238.6	—	—	238.6
Bolivia	20.6	104.2	119.1	1.4	246.7
Brasil	120.9	74.9	100.2	0.9	177.9
Chile	21.7	300.4	1.0	3.5	306.6
Colombia	53.5	28.4	122.3	0.7	152.9
Ecuador	55.8	50.3	65.0	1.8	133.6
Paraguay	15.5	100.8	90.1	—	190.9
Perú	64.7	99.3	73.5	—	208.3
Uruguay	26.6	245.3	2.1	1.1	248.5
Venezuela	23.9	100.9	108.4	5.0	215.2
México	14.7	62.4	271.7	0.2	334.3
China (Taiwan)	371.4	64.0	3.0	—	68.3
Islas Filipinas	238.5	1.9	59.2	—	85.8

* FAO Food Balance Sheets, 1960-1962 (18).

Cuadro No. 3. — Consumo de arroz en países de América del Sur *

País	Consumo per capita			Ingesta total	
	g/día	Cal/día	Proteína/ g/día	Cal/día	Proteína/ g/día
Argentina	11.4	4	0.8	2820	81.6
Bolivia	20.6	74	1.4	1840	47.9
Brasil	120.9	435	8.1	2780	66.3
Chile	21.7	78	1.5	2410	77.2
Colombia	53.5	193	3.6	2160	51.9
Ecuador	55.8	201	3.7	1890	48.4
Paraguay	15.5	56	1.0	2560	64.1
Perú	64.7	233	4.3	2230	55.9
Uruguay	26.6	96	1.8	3220	104.3
Venezuela	23.9	86	1.6	2310	58.7
China (Taiwan)	371.4	1336	25.3	2350	58.5
Islas Filipinas	238.5	876	17.5	1840	44.3

* FAO Food Balance Sheets, 1960-1962 (18).

vamente alta, hecho sugerente de que el consumo de arroz bien podría incrementarse, siempre que los obstáculos que por el momento impiden su mayor disponibilidad, puedan subsanarse satisfactoriamente. Mucho podría hacerse a este respecto si la disponibilidad del frijol también se aumentara, puesto que las leguminosas constituyen un alimento que muy comúnmente se acostumbra consumir junto con el arroz en la mayoría de los países de América Latina.

FORMAS DE CONSUMO

Un aspecto importante que determina el grado de utilización de un alimento es la forma en que éste se prepara para consumo. Así, si se desea incrementar su uso, el alimento bajo consideración debe constituir parte importante de un plato o comida típica, o bien, prepararse en las formas en que habitualmente se consume, es decir, en combinación con otros alimentos.

En América Latina el arroz se consume principalmente cocido, aunque también se co-

me combinado con otros alimentos como pollo, camarón y carne. Sin embargo, estos usos son más comunes entre los grupos de población de alto nivel económico y en los sectores urbanos, y no así para la mayoría de los pobladores de la región. El arroz con leche también se sirve como postre, pero como en el caso de otros productos animales, su consumo se limita a la población de mayores ingresos. A pesar de ello, un plato que se sirve en toda América Latina con frecuencia variable, es el de arroz con frijoles. Esta costumbre es responsable en gran parte de la mayor ingesta de arroz en Brasil y en Costa Rica, en contraste con la que acusan otros países de América Latina. Por lo tanto, sería lógico que en el planeamiento de programas de fomento de arroz, se trate también de sentar pautas orientadas a incrementar la disponibilidad de leguminosas en grano.

Existen otras formas de preparar el arroz para consumo de la población humana en América Latina. Entre estas formas de uso popular cabe citar las "coladas", que consisten en harina de arroz o arroz molido, el cual se cuece en agua hasta lograr un atole ralo o potaje, y también como una bebida sazónada que en algunos países se llama "Horchata". En Ecuador se consume un producto de arroz fermentado cuya calidad nutricional fue evaluada por Van Veen et al. (42). Dichos autores encontraron que este producto contenía una proteína de calidad inferior a la del arroz sin fermentar y de menor digestibilidad, si bien, acusaba una concentración de riboflavina significativamente más alta.

El arroz también podría usarse en otras formas, y ya se están implementando algunas de ellas. Entre éstas puede citarse su empleo como componente de alimentos de alto contenido proteínico para la alimentación infantil (3, 4). La Incaparina Blanca y la Colombiaharina producidas en Cali, Colombia, constituyen ejemplos a este respecto. Sin embargo, las cantidades utilizadas en estas preparaciones son bajas, por lo cual al no considerarse nuevos usos que impulsen el consumo de arroz en América Latina, es dudoso que sus niveles de consumo aumenten o superen los actuales.

Otro factor que probablemente ayudaría a incrementar la ingesta sería el uso de arroz precocido, ya que con ello se reduciría su tiempo de preparación en el hogar. No obstante, se estima que la acción más significativa para promover el consumo de arroz sería aumentar la disponibilidad de alimentos que lo acompañen, entre los cuales las leguminosas podrían ser las más indicadas.

COMPARACION DE SU COMPOSICION QUIMICA Y DE AMINOACIDOS CON LA DE OTROS PRODUCTOS

Composición química

Desde el punto de vista de su composición química, se sabe que los cereales tienen un bajo contenido proteínico y son ricos en carbohidratos. Son, pues, alimentos calóricos. La composición químico-proximal y el contenido vitamínico del arroz, en comparación con el maíz, la harina de trigo, la avena y el sorgo, figuran en el Cuadro No. 4. Según se observa, existen algunas diferencias entre ellos, aunque también muestran ciertas similitudes. Las diferencias de interés atañen a su contenido de proteína y grasa. De todos los cereales, el arroz acusa la concentración proteínica más baja, mientras que entre todos los demás cereales la avena contiene el nivel más alto. Sin embargo, los resultados de estudios recientes notificados por el Instituto Internacional para la Investigación de Arroz (IRRI) indican que por selección y cruzamiento genético es factible aumentar el contenido total de proteína en los granos de arroz. Por otra parte entre los cereales que se detallan en el Cuadro, el arroz contiene los valores más altos de carbohidratos. El contenido vitamínico de los cinco cereales se presenta en la parte inferior del Cuadro, y las cifras demuestran que el arroz contiene bajos niveles de tiamina y riboflavina. A pesar de que sería deseable desarrollar variedades de arroz con mayor contenido vitamínico, esto no constituye ya un problema, puesto que los avances en el campo de la tecnología de alimentos permiten hoy día que la concentración de estos nutrientes, no sólo en el arroz sino también en otros alimentos, pueda incrementarse a través de la fortificación.

Cuadro No. 4. — Composición química y contenido vitamínico de cuatro cereales (%).

Componente	Arroz	Maíz	Trigo	Avena
Humedad	12.0	10.6	12.0	8.3
Proteína	7.2	9.4	11.8	14.2
Grasa	0.6	4.3	1.2	7.4
Ceniza	0.5	1.3	0.5	1.9
Fibra cruda	0.6	1.8	0.4	1.2
Carbohidratos solubles	79.7	74.4	74.5	68.2
Calorías	364	361	365	390
Tiamina, mg	0.08	0.43	0.12	0.60
Riboflavina, mg	0.03	0.10	0.07	0.14
Niacina, mg	1.6	1.9	1.4	1.0

Cuadro No. 5. — Contenido de aminoácidos esenciales de varios cereales.

(expresado en g/16 g N)

Aminoácido	Arroz	Maíz	Harina de trigo	Avena	Proteína de leche
Isoleucina	4.89	4.62	4.19	4.82	6.51
Leucina	7.84	12.96	7.02	6.99	10.02
Lisina	4.27	2.88	2.08	3.42	7.94
Aminoácidos azufrados totales	3.45	3.15	3.02	3.41	3.41
Fenilalanina	5.55	4.54	5.01	4.98	4.94
Treonina	4.10	3.98	2.62	3.09	4.70
Triptófano	1.35	0.61	1.12	1.20	1.44
Valina	6.24	5.10	3.94	5.55	7.01

Contenido de aminoácidos esenciales

El contenido proteínico de un alimento dado es de significancia nutricional en términos de su contenido de aminoácidos esenciales. En el Cuadro No. 5 se da a conocer la concentración de aminoácidos esenciales de la proteína del arroz, comparándola con la de otros cereales. Se muestra también el patrón de aminoácidos esenciales de la proteína de la leche, usada como proteína de referencia.

Como en el caso de la composición química, también existen diferencias y similitudes en cuanto al contenido de aminoácidos esenciales del arroz y de otros cereales. La isoleucina, los aminoácidos azufrados y la fenilalanina presentan valores similares; en cambio, hay una notoria diferencia en el contenido de lisina y triptófano.

Al comparar el patrón de aminoácidos de los cereales con el patrón de referencia, en este caso, la proteína de la leche, se observa que la proteína del arroz tiene una menor concentración en lisina así como en otros aminoácidos, pero en todo caso, el patrón del arroz se aproxima más al de la leche que el de los otros cereales.

Los valores más altos de lisina, en el arroz, sugieren que de todos los cereales esta proteína es la de mayor valor biológico.

Existen otras diferencias en cuanto al contenido de aminoácidos en los cereales que también deben señalarse. La calidad de la proteína depende principalmente de su contenido de aminoácidos esenciales. Sin embargo, las proporciones en que se encuentran presentes estos nutrientes esenciales también son de importancia. Por ejemplo, la proteína del maíz no es sólo deficiente en lisina y triptófano sino que además acusa un balance desventajoso entre la isoleucina y la leucina, relación ésta que es tam-

Cuadro No. 6. — Contenido de aminoácidos esenciales del arroz y del maíz Opaco-2.
(expresado en g/16 g N)

Aminoácido	Arroz	Maíz Opaco-2
Isoleucina	4.89	3.10
Leucina	7.84	8.12
Lisina	4.27	4.10
Aminoácidos azufrados totales	3.45	3.01
Fenilalanina	5.55	4.27
Treonina	4.10	3.18
Triptófano	1.35	1.26
Valina	6.24	4.77

bién parcialmente responsable de la calidad inferior de la proteína del maíz. Esta situación no se presenta en la proteína del arroz. En la actualidad, el cereal que contiene la proteína de mejor calidad es la variedad de maíz conocida como opaco-2 (11, 36). Por considerarse de interés, en el Cuadro No. 6 se presenta el contenido de aminoácidos esenciales del arroz comparado con el del opaco-2. Según puede apreciarse, el patrón de estos nutrientes en ambas fuentes de alimento es esencialmente similar. Si el maíz opaco-2 —cuyo patrón de aminoácidos esenciales es tan bueno— tiene un valor biológico alto, bien podría anticiparse que también la proteína del arroz es de alta calidad.

COMPARACION DEL VALOR NUTRITIVO DEL ARROZ CON EL DE OTROS CEREALES

La eficiencia de utilización de los aminoácidos esenciales por el organismo animal, es el principal factor determinante en la calidad de la proteína. Para obtener una mayor eficiencia de utilización, estos aminoácidos deben estar presentes en las cantidades apropiadas y guardando la debida proporción entre sí. Por otra parte, el valor nutritivo de la proteína mide el grado de cobertura de los aminoácidos esenciales requeridos, manteniéndose una ingesta proteínica fija. En el primer caso, cuando se hacen comparaciones de la calidad proteínica entre varias fuentes de este nutriente, el nivel de proteína en la dieta debe ser esencialmente el mismo para todas las proteínas bajo estudio. En cambio en el segundo caso, o sea para determinar el valor nutritivo de la proteína, la comparación se hace cuando todos los alimentos se suministran en cantidades iguales en la dieta.

El Cuadro No. 7 da a conocer la calidad de la proteína de cinco cereales incluidos en una dieta basal administrada a ratas en cantidades equivalentes a 7.5% de proteína. En la prime-

ra columna se indica el nivel en que se incluyeron los cereales en la dieta basal; según se observa, ésta contenía la mayor cantidad de arroz, por ser este cereal el de contenido proteínico más bajo. La segunda columna muestra el peso que ganaron las ratas: el arroz indujo las mayores tasas de crecimiento, siguiéndole la avena, el maíz y el sorgo, cereales con los que se obtuvo las respuestas más bajas. La eficiencia de utilización de la proteína siguió la misma tendencia y de nuevo el arroz demostró ser el de mejor valor.

El valor nutritivo de la proteína de estos mismos alimentos se detalla en el Cuadro No. 8. En este caso todos los cereales fueron sometidos a prueba al nivel de 90% de la dieta. Como lo revelan los datos, la avena demostró ser superior a los otros cereales, seguida del trigo, arroz, sorgo y maíz con respecto a ganancia ponderal. La eficiencia proteínica fue más o menos la misma para la avena y el arroz, una vez más seguidos del trigo y maíz y, por último, del sorgo con el menor valor.

De nuevo, estos resultados demuestran que la calidad de la proteína del arroz es bastante buena, aunque su valor nutritivo es bajo, debido a la baja concentración proteínica del grano. Esto se hace más evidente al estudiar los valores en la última columna del Cuadro No. 8, los cuales representan la cantidad de proteína

Cuadro No. 7. — Calidad proteínica del arroz y otros cereales según pruebas en ratas recién destetadas.

Cereal	Nivel usado en la dieta g/100 g	Promedio de ganancia ponderal, g	PER
Arroz	90.0	43	2.15
Maíz	82.4	13	0.87
Trigo (Bulgur)	55.2	19	1.05
Avena	47.5	34	1.60
Sorgo	78.6	12	0.88
Caseína	7.7	75	2.71

Cuadro No. 8. — Calidad nutricional de la proteína del arroz y de otros cereales.

Cereales	Proteína en la dieta, %	Promedio de ganancia ponderal, g	Valor nutritivo relativo %	P E R	Proteína utilizable g %
Arroz	6.9	43	58.2	2.15	4.01
Maíz	8.5	19	28.4	1.05	2.41
Trigo (Bulgur)	11.0	50	38.7	1.43	4.26
Avena	13.8	125	59.6	2.20	8.22
Sorgo	7.7	21	29.0	1.07	2.23
Caseína	10.7	124	75.0	2.77	8.02

Cuadro No. 9. — Calidad proteínica del arroz y de otros cereales en perros semiadultos *

Cereal	Nitrógeno					Valor biológico %
	Ingerido	Fecal	Urinario	Absorbido	Balance	
	mg/kg/día					
Arroz	243	80	119	163	+ 44	85.0
Maíz	225	72	181	153	— 28	50.5
Harina de trigo	226	48	182	178	— 4	56.0
Avena	225	39	180	186	+ 6	58.5

* Promedio de tres perros semiadultos/cereal.

utilizable de los cereales. Se identifica como proteína utilizable el producto de la calidad por la cantidad de la proteína. A pesar de que puede decirse que la calidad de la proteína del arroz es la mejor, su menor contenido proteínico lo sitúa en cierta desventaja con respecto a los cereales de calidad proteínica inferior.

La misma conclusión se obtiene usando diferentes animales de experimentación y distintos métodos. Los resultados de estudios de balance de nitrógeno practicados en perros semiadultos alimentados con arroz, maíz, harina de trigo y avena al nivel de 1.4 g de proteína/kg de peso corporal/día (Cuadro No. 9), revelan que el balance de nitrógeno fue positivo con arroz y negativo con otros cereales, de los cuales la avena rindió valores intermedios. Los cambios en peso observados durante el estudio de balance siguieron la misma tendencia, lográndose pequeños aumentos con el arroz y pérdidas con los otros cereales sometidos a prueba.

VALOR NUTRITIVO DE COMBINACIONES DE ARROZ CON FRIJOL Y DE MAÍZ CON FRIJOL

Para la población latinoamericana de bajos recursos económicos, el frijol constituye la

fuerza de proteína más importante después de los cereales. El frijol también representa un alimento integrante de la cultura de estos países, que usualmente se consume junto con maíz o arroz. Por consiguiente, se ha tenido interés especial en conocer más a fondo la calidad proteínica de la dieta combinada de cereal y frijol.

Sobre la base de peso seco, el nivel del frijol consumido generalmente representa el 10% de las dietas. Por lo tanto, en los resultados que se muestran en el Cuadro No. 10, las dietas fueron preparadas con 90% de cereal y 10% de frijol negro cocido. Estas fueron administradas a ratas durante un período de 28 días al final del cual se estableció que la mayor ganancia ponderal la indujo la avena, seguida del trigo (bulgur), arroz, sorgo y maíz, en ese orden. La eficiencia de utilización de la proteína, por otro lado, demostró ser más alta para el arroz y la avena, obteniéndose valores inferiores con los otros cereales estudiados. El cuadro no difiere en mucho al comparar la proteína utilizable.

Con el fin de eliminar el efecto producido por el contenido de proteína total, las ratas con-

Cuadro No. 10. — Comparación del valor nutritivo de varios cereales con 10% de frijol negro.

Dieta	Proteína en la dieta %	Promedio de ganancia ponderal g*	PER	Valor nutritivo relativo %	Proteína utilizable g %
Arroz + frijoles	7.9	56	2.32	62.8	4.96
Maíz + frijoles	10.3	33	1.47	39.8	4.10
Sorgo + frijoles	8.6	41	1.69	45.7	3.93
Trigo + frijoles	12.0	84	1.83	49.5	5.94
Avena + frijoles	14.6	121	2.21	59.8	8.73

* Peso promedio inicial: 42 g.

sumieron las mismas dietas con iguales niveles de proteína, obteniéndose los resultados que se presentan en el Cuadro No. 11. En este caso, la avena acusó los mejores resultados en términos de ganancia de peso y eficiencia proteínica, seguida de los otros cereales incluidos en el estudio.

Por estimarse de interés determinar hasta qué punto es factible obtener mejoras cuando el cereal es consumido juntamente con frijol, en el Cuadro No. 12 se incluyen algunos resultados representativos a ese particular. La adición de 10% de frijol negro al maíz, indujo un 74% de aumento en la ganancia ponderal; ese incremento fue de 68% al agregarse al trigo, y solo de 30% en el caso del arroz. En lo referente a la eficiencia proteínica, la adición de frijol aumentó ese valor en 40% para el maíz, 28% para el trigo y 8% para el arroz. De nuevo, estos resultados confirman la calidad proteínica superior del arroz, en comparación con la de los otros cereales. El mejoramiento obtenido guarda una relación directa con el nivel de lisina en la proteína del cereal, que es más baja en el maíz, intermedia en el trigo, y más alta en el arroz. A pesar de que estos conceptos ya han sido expresados antes, viene al caso subrayar que la calidad proteínica del arroz podría mejorarse aún más si contuviera mayores cantidades de proteína.

En el Cuadro No. 13 se incluyen resultados de algunos estudios en animales de experimentación, en los que la proteína del arroz fue remplazada por cantidades equivalentes de proteína de frijol (5). Los hallazgos revelan que el crecimiento máximo y la mayor utilización de la proteína se obtienen cuando el arroz aporta de 80 a 50% de la proteína de la dieta, y el frijol de 20 a 50%. Este hecho indica que entre los rangos citados, los patrones de ami-

Cuadro No. 11. — Calidad proteínica de una mezcla de 90% de cereal y 10% de frijol, administrada a una misma ingesta de proteína.

D i e t a	Promedio de ganancia ponderal, g *	PER
Arroz + frijoles	56	2.32
Maíz + frijoles	32	1.40
Sorgo + frijoles	30	1.39
Trigo + frijoles	41	1.73
Avena + frijoles	75	2.37

* Peso promedio inicial: 42 g.

noácidos de ambas fuentes se complementan mutuamente hasta el punto permitido por el aporte que de estos aminoácidos hace cada una de las dos fuentes para satisfacer las deficiencias de la otra. La mezcla de 80% de protef-

Cuadro No. 13. — Valor nutritivo de combinaciones de arroz y frijol según pruebas en animales de experimentación.

Distribución de la proteína en la dieta		Promedio de ganancia ponderal, g	PER
Derivada del arroz	Derivada de frijoles		
100	0	39	2.25
80	20	53	2.62
70	30	51	2.53
60	40	52	2.52
50	50	51	2.52
40	60	46	2.27
20	80	18	1.19
0	100	2	—
Caseína	—	79	3.40

Tomado de: Bressani, R. y T. Valiente (6).

Cuadro No. 12. — Efecto de la adición de frijol a dietas de cereales sobre la ganancia ponderal y el PER.

D i e t a	Promedio de ganancia ponderal, g	Cambio		PER	Cambio	
Arroz	43			2.15		
Arroz + frijoles	56	+13 (30%)		2.32	0.17 (8%)	
Maíz	19			1.05		
Maíz + frijoles	33	+14 (74%)		1.47	0.42 (40%)	
Trigo	50			1.43		
Trigo + frijoles	84	+34 (68%)		1.83	0.40 (28%)	

Cuadro No. 14. — Suplementación con aminoácidos de una dieta de arroz y frijol con la misma distribución proteínica.

Aminoácidos adicionales a la dieta de arroz y frijol	Promedio de ganancia ponderal, g	PER	Eficiencia del alimento
Ninguno	63	2.66	5.30
+ Metionina (0.14%)	73	2.87	4.90
+ metionina (0.14%) + treonina (0.10%)	76	2.94	4.76
+ metionina (0.14%) + treonina (0.10%) + lisina (0.19%)	97	3.32	3.82
+ metionina (0.14%) + treonina (0.10%) + lisina (0.19%) + leucina (0.21%)	105	3.48	3.82

Tomado de: Bressani, R. y T. Valiente (6).

na de arroz y 20% de frijol, en cantidades absolutas representa alrededor de 90 g de arroz y 10 g de frijol; sin embargo, su contenido proteínico resulta ser bajo, del orden de 8.5 g por 100 gramos. Si las ingestas fueran 50% de proteína de arroz y 50% de frijol, lo que en valores absolutos sería alrededor de 75 g de arroz y 25 g de frijol para rendir 11% de proteína por 100 g de dieta, ello se traduciría en un mayor valor nutritivo. Si el pequeño descenso observado en cuanto a calidad proteínica fuese verdadero, éste se vería compensado en gran medida por el aumento en proteína, esto es, de 8.5 a 11.0. El 11% de mezcla proteínica representaría un incremento de alrededor de 25% más de proteína utilizable. Por consiguiente a menos que se logre desarrollar variedades de arroz con un mayor contenido de proteína, desde el ángulo nutricional, sería recomendable fomentar el consumo de arroz combinado con frijol. Según se indica en el Cuadro No. 14, la mezcla 50/50 de arroz y frijol, aunque nutricionalmente superior a cualquiera de los componentes suministrados por sí solos, aún es deficiente en ciertos aminoácidos. En efecto, los datos muestran que la adición de metionina, aminoácido en el que el frijol es deficiente, indujo una respuesta, sin observarse mayor efecto cuando la treonina se agrega junto con metionina. Sin embargo, cuando se agrega también lisina en presencia de los otros dos aminoácidos, el efecto obtenido es significativamente mayor.

Con propósitos comparativos, se juzgó de interés estudiar la calidad nutricional de mezclas de maíz y frijol en ratas (6), con los resultados que se muestran en la Figura 1. En es-

te caso, con el nivel de combinación proteínica de 50/50, hay un punto cumbre de desarrollo máximo en el crecimiento de los animales experimentales, en contraste con el obtenido con las combinaciones de arroz y frijol, las cuales fueron esencialmente parecidas, esto es, del rango 80-50 y 20-50, como ya se indicó. Otra diferencia es que —a juzgar por los valores del PER— en el caso de la combinación de maíz-frijol, la utilización de la proteína fue significativamente menor de la que se obtuvo con la combinación de arroz-frijol. La mezcla de 50/50 de maíz-frijol es aún deficiente en lisina, metionina y triptófano (6).

En consecuencia, esta información indica que si el objetivo final de un programa determinado es producir alimentos que satisfagan los requerimientos nutricionales del hombre, dadas las características nutricionales de los cereales, es importante tomar en cuenta aquellos productos alimenticios que los complementan nutricionalmente. Más aún, los alimentos complementarios pueden tener un efecto definitivo en el aumento de ingesta del alimento bajo consideración.

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD PROTEINICA DEL ARROZ

Suplementación con aminoácidos

La comparación del patrón de aminoácidos esenciales de la proteína del arroz con los patrones de aminoácidos de referencia, sugiere que la proteína del arroz es deficiente en varios de ellos. Sin embargo, los resultados obtenidos por varios investigadores (33,38), indican claramente que la proteína del arroz es deficiente en lisina, y que su calidad mejora aún más con el agregado de treonina en presencia de lisina. En el Cuadro No. 15 pueden apreciarse en forma resumida los resultados de un

Cuadro No. 15. — Efecto de dietas con 90% de arroz, suplementadas con Lisina y Treonina, sobre el crecimiento de ratas.

L-lisina HCl %	DL-treonina %	Ganancia ponderal g/5 semanas
—	—	57
0.1	—	78
0.1	0.1	112
0.1	0.2	138
0.1	0.3	114
0.2	0.3	151
—	—	—
0.2	0.1	136
0.25	0.1	152
0.3	0.1	131
0.3	0.2	154

Tomado de: Rosenberg, H. R., H. R. Culik y R. E. Eckert (40).

experimento llevado a cabo en ratas, en el que la adición de una pequeña cantidad de lisina indujo un aumento en la ganancia ponderal (38, 40). Sin embargo, el agregado de treonina a la proteína del arroz, en presencia de lisina, provocó una mejoría en el desarrollo del animal y en la calidad de la proteína. No se esperaban estos resultados en vista de que las proteínas del arroz contienen suficiente treonina para satisfacer los requerimientos de la rata en crecimiento. El efecto de la treonina ha sido explicado de dos maneras diferentes según el punto de vista del investigador. Una explicación se basa en el balance que debe prevalecer cuando la proteína es suplementada con aminoácidos libres. La adición de una cantidad de lisina mayor a la requerida hace que la treonina se convierta en el primer aminoácido limitante; este efecto ha sido corroborado al agregarse treonina.

La segunda explicación sugiere que el efecto positivo resultante de la adición de treonina al arroz, en presencia de lisina, no se debe necesariamente a un imbalance entre estos dos aminoácidos, sino más bien a una limitación fisiológica en la disponibilidad de treonina para el organismo animal. La verdad es que una explicación no excluye la otra, dado que la proteína del arroz contiene niveles de treonina más altos que aquellos determinados en otros cereales, y en cantidades similares a las que se encuentran en proteínas de origen animal tales como la leche.

La calidad de la proteína del arroz, por lo tanto, es susceptible de mejorar mediante la adición de lisina y treonina. Sin embargo, la evidencia experimental que se presenta más adelante, muestra que otra deficiencia importante del arroz es su bajo contenido de nitrógeno total. Este hecho podría ser también el factor responsable de las diferentes respuestas informadas por varios investigadores (33, 38).

Suplementación con proteínas

Las deficiencias en nitrógeno y aminoácidos de que adolecen las proteínas del arroz pue-

Cuadro No. 16. — Efecto de la suplementación proteínica del arroz.

Suplemento	Nivel adicionado %	Promedio de ganancia ponderal, g	Índice de eficiencia proteínica
Ninguno	—	28	1.73
Harina de semilla de algodón	8	93	2.29
Harina de soya	8	116	2.88
Levadura torula	8	108	3.29
Concentrado proteínico de pescado	6	140	2.70
Caseína	4	151	3.35
Leche descremada en polvo	12	135	3.16

den corregirse por medio de la suplementación proteínica, particularmente cuando se utilizan proteínas que aportan cantidades apreciables de lisina y de treonina (16, 17, 33).

Algunos resultados representativos a este respecto se aprecian en el Cuadro No. 16. En este ejemplo se usaron dietas basadas en 76.0% de harina de arroz, las cuales se suplementaron con niveles de 2 a 14% de las proteínas que figuran en el Cuadro. Con excepción del concentrado proteínico de pescado, los niveles que se muestran suministraron un poco más de 4% de proteína a la dieta basal de arroz; por lo tanto, los resultados son comparables al mismo nivel proteínico en la dieta. A partir de estos hallazgos, es evidente que con la adición de más o menos la misma cantidad de proteína proveniente de los diversos suplementos usados, se logra un aumento significativo en la ganancia de peso y en la utilización de la proteína, tal como lo indica el PER. La mejora observada es el resultado sinérgico de la proteína adicional suministrada por el suplemento y del aporte que en lisina y treonina hace el propio suplemento a la proteína del arroz.

El efecto de los suplementos proteínicos no es característica única del arroz, ya que cuando los suplementos proteínicos se agregan a otros cereales, también se obtiene el mismo efecto. El Cuadro No. 17 muestra los resultados

Cuadro No. 17. — Efecto de la suplementación proteínica del arroz, harina de trigo y maíz.

Suplemento	Arroz		Harina de trigo		Maíz	
	Ganancia ponderal g	PER	Ganancia ponderal g	PER	Ganancia ponderal g	PER
Ninguno	25	1.71	22	0.87	12	0.82
Harina de semilla de algodón, 8%	93	2.29	64	1.62	68	1.79
Harina de soya, 8%	116	2.88	95	1.75	96	2.23
Leche descremada en polvo, 8%	102	2.82	110	2.06	104	2.63
Leche descremada en polvo, 10%	117	2.79	127	2.19	125	2.43

de varios experimentos en este sentido (17, 29). Los valores que constan en dicho Cuadro indican que, a juzgar tanto por el aumento de peso de las ratas como por el PER, las proteínas del arroz son de mejor calidad que las de la harina de trigo o del maíz, a pesar de que de los tres cereales, el arroz es el que contiene menos proteína. El agregado de la misma cantidad de suplemento proteínico a los tres cereales induce un mayor aumento ponderal en la mayoría de los casos; sin embargo, con el arroz se obtiene un valor proteínico más alto (PER) que con los otros dos cereales.

Es probable que esta respuesta se deba, por un lado, al bajo contenido proteínico del arroz, y por el otro, a que comparada con la de la harina de trigo y la de maíz, su proteína es de mejor calidad.

Fortificación de las proteínas del arroz

En vista de los resultados que se informan así como desde el punto de vista nutricional, sería deseable fortificar las proteínas del arroz para que —de lograrse que el consumo de este cereal aumente— contribuya también con más proteínas de mejor calidad. En los momentos actuales la tecnología en materia de fortificación de alimentos avanza a un ritmo rápido, y ya se ha logrado desarrollar granos de arroz simulados que contienen los aminoácidos limitantes, lisina y treonina, juntamente con vitaminas del complejo B, vitamina A y minerales. En la Figura 2 puede apreciarse una muestra de dichos granos sintéticos. Cuando éstos se agregan al arroz natural a un nivel de 1-2% por peso, es factible mejorar la calidad proteínica del arroz común, según se indica en el Cuadro No. 18. Los estudios a que se alude se llevaron a cabo en ratas alimentadas con arroz pulido suplementado con granos de arroz sintético (19). Los granos simulados contenían L-lisina HCl, L-treonina, vitamina A, tiamina y sulfato ferroso. Su adición incrementó la ganancia ponderal así como la razón de eficiencia proteínica (PER), tanto como al agregar aminoácidos sintéticos en forma cristalina.

Cuadro No. 18. — Suplementación del arroz con granos simulados de arroz*

D i e t a	Proteína en la dieta		Promedio de ganancia ponderal g.**	PER
	%			
Arroz	7.2	45	1.94	
+ 1% de arroz simulado	7.3	86	3.04	
+ 2% de arroz simulado	7.6	108	3.32	
+ 3% de arroz simulado	7.7	103	3.29	

* El arroz simulado contiene 75.59% de L-lisina HCl, 15.12% de L-treonina y vitaminas.

** Peso promedio inicial: 45 g.

También se han llevado a cabo estudios orientados a determinar si estos granos conservan su forma y calidad al someterse a cocción. Los resultados obtenidos hasta la fecha indican que en comparación con el arroz crudo suplementado, sí mantienen su forma, observándose tan solo pequeños cambios en su calidad nutritiva.

Los granos simulados de arroz también pueden prepararse a partir de proteína, siendo la de la harina de soya particularmente buena en este respecto. A pesar de que en este caso sería necesario agregar al arroz natural, mayores niveles de granos sintéticos elaborados con proteína de soya, este método de fortificación tendría la ventaja de aportar, tanto aminoácidos como proteína; además sería menos costoso.

CALIDAD PROTEINICA DE LA PROTEINA DEL ARROZ EN HUMANOS

Estudios en adultos

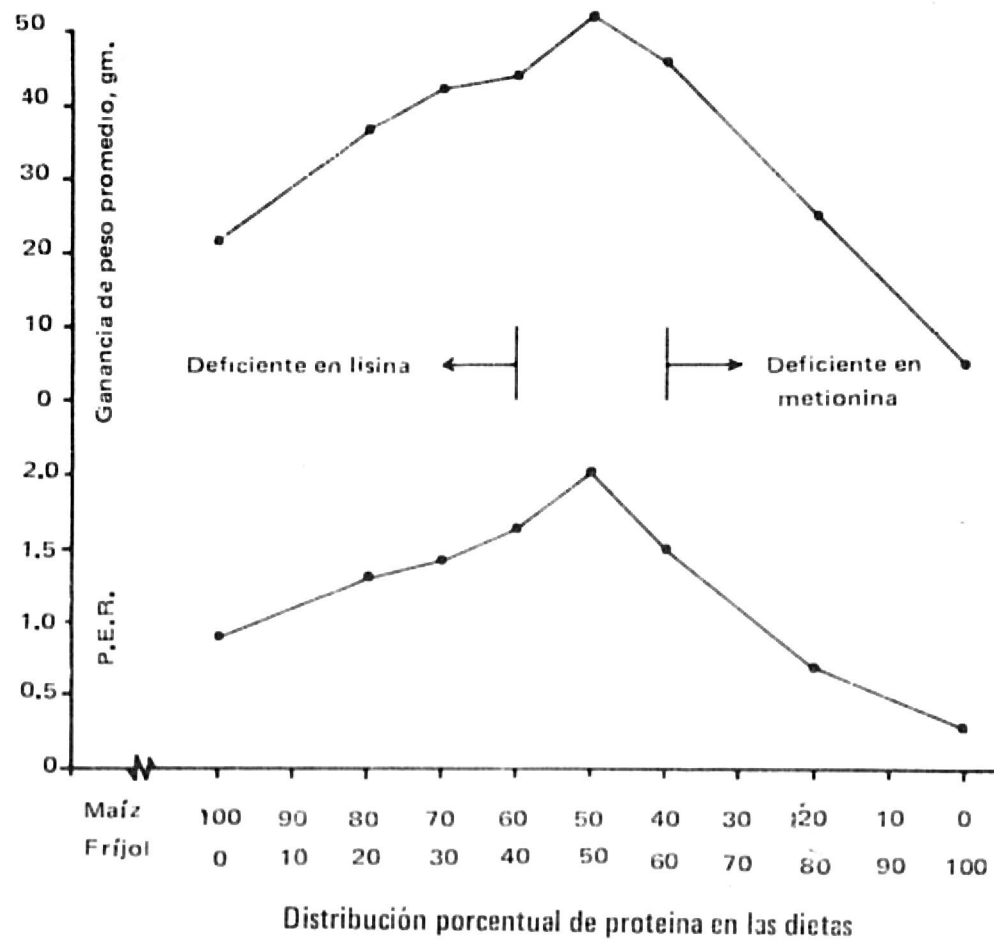
A causa de las dificultades inherentes a los estudios de evaluación proteínica en seres humanos, la literatura cuenta con muy pocas publicaciones al respecto. Uno de los primeros estudios de esta índole fue el notificado por Hundley et al. (21) en 1957. Estos autores utilizaron cuatro sujetos del sexo masculino a quienes se les alimentó con 4.31 a 5.07 g de nitrógeno de arroz, como parte de dietas que aportaban de 2.800 a 3.500 calorías por día. La ingesta de arroz fue de 250 a 350 gramos diarios. En el Cuadro No. 19 se muestran única-

Cuadro No. 19. — Balance promedio de nitrógeno de dos sujetos alimentados con proteína de arroz solo, y suplementado con aminoácidos.

Dieta sometida a prueba	S u j e t o		Ambos
	W. M.	V. L.	
	g N / día		
Dieta control	+0.52	-1.14	-0.31
Arroz	- 1.16	-2.34	-1.75
Arroz + lisina + treonina	+0.07	-1.17	-0.55
Arroz + lisina + treonina + metionina	+0.22	-0.41	-0.10
Arroz	+0.10	-0.64	-0.27
Arroz + aminoácidos no esenciales	+0.57	—	+0.57
Dieta control (95 g de proteína)	+3.91	—	+3.91

Tomado de: Hundley et al. (21).

(8-9% Proteína en las dietas)



Incap 71-896

Figura 1. Crecimiento de ratas y calidad proteínica de combinaciones de maíz y frijol.

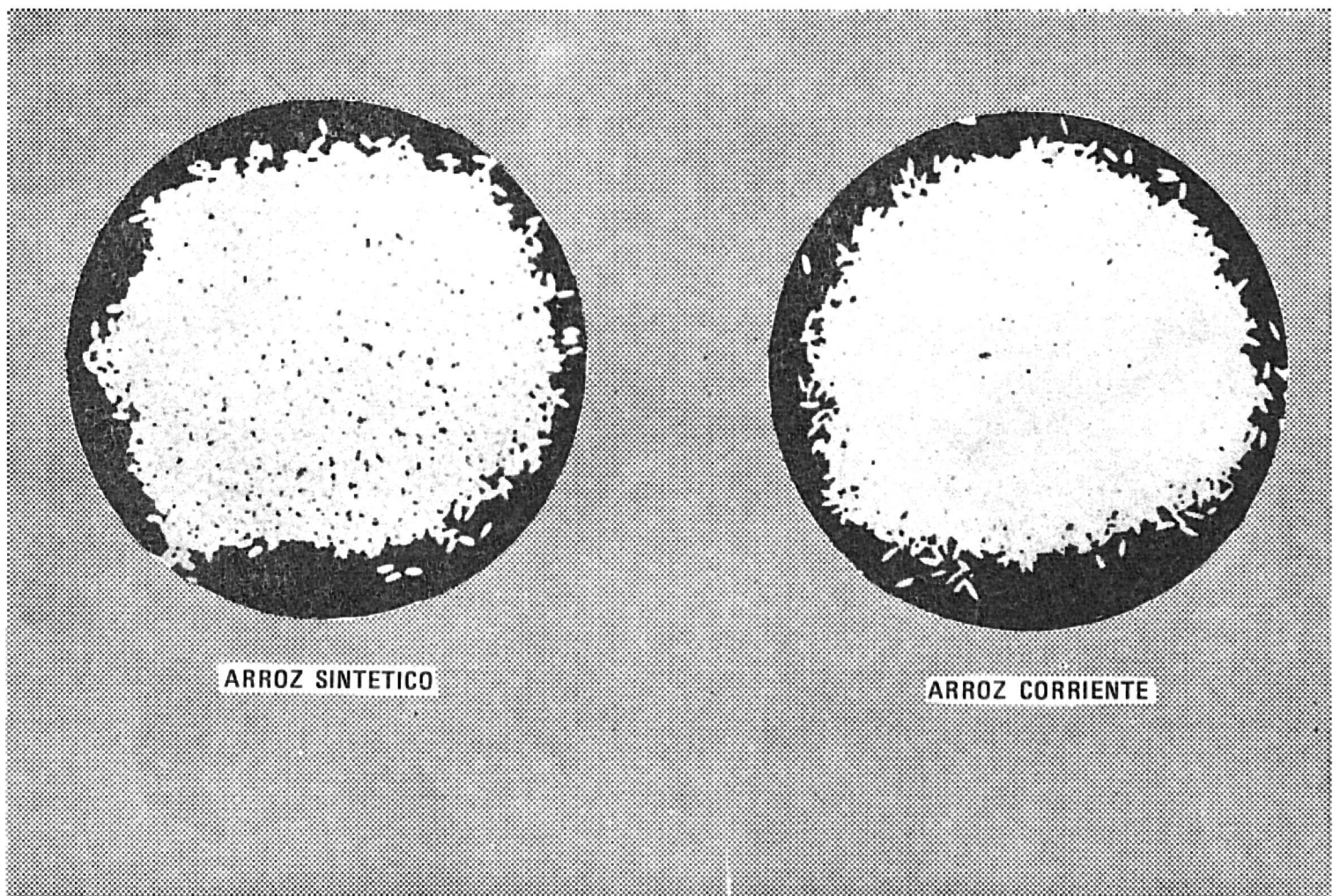


Figura 2. Granos de arroz natural y simulado.

mente los resultados del balance de nitrógeno correspondientes a dos de los individuos estudiados. El sujeto W. M. respondió favorablemente a la adición de lisina y treonina al arroz, y más aún, cuando los aminoácidos lisina, treonina y metionina se agregaron juntos. Se obtuvo una mejor respuesta al suplementar el arroz con una mezcla de aminoácidos no esenciales. El aumento en la ingesta de proteína hasta 85 g diarios, dio como resultado una alta retención de nitrógeno. Por su parte, el sujeto V. L. también respondió al agregado de los mismos suplementos al arroz, a pesar de que nunca logró estar en balance positivo de nitrógeno.

En el caso de los otros dos sujetos, los resultados fueron similares. Hundley et al. (21) interpretaron tales resultados como indicativos de que la deficiencia primordial en las dietas de arroz usadas en el estudio fue la de nitrógeno disponible, ya fuese éste nitrógeno esencial o no esencial, a pesar de que sí se observó cierta respuesta al suplementar el arroz con lisina, metionina y treonina. Por consiguiente, la adecuación de la proteína de la dieta depende de la cantidad total de nitrógeno que ésta contiene, así como de la cantidad de aminoácidos esenciales.

El estudio de Chen et al. (15) demuestra el efecto del nitrógeno total en la dieta para adultos humanos alimentados con proteína de arroz. En dicha investigación 6 sujetos fueron alimentados con dietas que suministraban 6 g de nitrógeno de arroz, ya fuese solo o suplementado con: a) 2 g de nitrógeno de aminoácidos; b) 2 g de nitrógeno no específico, y c) 6 g de nitrógeno no específico (Cuadro No. 20). El balance promedio de nitrógeno de los 6 sujetos fue negativo cuando éstos recibieron 6 g de nitrógeno de arroz solo, o 2 g de nitrógeno

adicional proveniente de fuentes no específicas. Se obtuvo un balance de nitrógeno positivo al suministrarles los 6 g de nitrógeno de arroz juntamente con 2 g de N proveniente de aminoácidos esenciales, o bien al suministrarles el N del arroz con 6 g de nitrógeno de fuentes no esenciales, o no específicas.

Los mismos autores estudiaron también el efecto del agregado de aminoácidos específicos al arroz cuando este fue suministrado para que aportase 6 g de nitrógeno, proporcionando a los sujetos, al mismo tiempo, 6 g de nitrógeno de fuentes no específicas. Los resultados a este respecto también constan en el Cuadro No. 20. El promedio de retención de nitrógeno obtenido con arroz solo, fue negativo, y mejoró al agregar una mezcla de aminoácidos esenciales al arroz. La adición de lisina sola dio respuestas similares a las obtenidas con todos los aminoácidos. Por otra parte, la adición de treonina sola indujo un balance negativo de nitrógeno. La mejor respuesta se obtuvo al suplementar la dieta de arroz que contenía nitrógeno no específico, con lisina y treonina. Los autores llegaron a la conclusión de que cuando la dieta aporta un alto nivel de nitrógeno total, la lisina es el aminoácido que ocupa el primer lugar como limitante en la proteína del arroz en lo que a mantener la retención de nitrógeno se refiere.

Como ya se indicó anteriormente, la principal desventaja del arroz es su bajo contenido proteínico. Sin embargo, a través de procedimiento de cruce y selección, el IRRRI logró desarrollar una variedad de arroz de alto contenido proteínico, que se conoce como BPI-76-1 y la cual contiene 14.3% de proteína. En un trabajo muy reciente, Clark et al. (14) informa sobre los resultados comparativos que obtuvieron en pruebas de alimentación con humanos

Cuadro No. 20. — Balance promedio de nitrógeno de sujetos humanos alimentados con arroz solo y suplementado con diversos compuestos nitrogenados.

D i e t a Administrada	Balance de nitrógeno g/día	D i e t a Administrada	Balance de nitrógeno g/día
6 g N de arroz	-0.01	Arroz	-0.38
6 g N de arroz	-0.13	+ aminoácidos	0.15
+ 2 g N (NNE)		+ lisina	0.14
6 g N de arroz	0.23	+ treonina	0.32
+ 2 g N de aminoácidos		+ lisina	0.26
6 g N de arroz	0.25	+ treonina	
+ 6 g N (NNE)			

Tomado de: Chen, S .C. y C. Kies (15).
NNE = Nitrógeno no específico.

Cuadro No. 21. — Balance promedio de nitrógeno de sujetos adultos alimentados con dietas de arroz de nivel proteínico alto y bajo.

D i e t a Administrada	Nitrógeno, g/día			Digestibilidad %
	Orina	Heces	Balanza	
480 g de arroz BPI 12.06 g N	8.00	2.65	1.41	78.0
480 g de arroz BB 6.72 g N	4.92	1.55	0.24	76.9
480 g de arroz BB + nitrógeno	9.92	1.66	0.48	86.4
320 g de arroz BB + nitrógeno 6.72 g N	5.89	1.41	-0.58	79.1

Tomado de: Clark, H. E., J. M. Howe y Chung-Ja Lee (14).

BPI = Arroz de alto contenido protéinico desarrollado por el Instituto Internacional de Investigación de Arroz (IRRI).

BB = Arroz Bluebonnet.

adultos, quienes consumieron dietas a base de arroz de alto contenido protéinico y de una variedad popular del mismo cereal, conocida como Bluebonnet. En dicho estudio, los sujetos fueron alimentados con 480 g de BPI-76-1, cantidad que proporcionaba 12.06 g de nitrógeno. La respuesta obtenida con esta variedad de arroz fue comparada luego con los otros tratamientos dietéticos que se indican en el Cuadro No. 21.

Estos fueron: a) 480 g de arroz Bluebonnet que aportaba 6.72 g de nitrógeno; b) esta mismo arroz con el agregado de nitrógeno no específico a un nivel de ingesta nitrogenada de 12.06 g, y c) 320 g de la variedad Bluebonnet con nitrógeno adicionado a modo de suministrar 6.72 gramos. Como se indica en el Cuadro No. 21, se obtuvo un balance positivo de nitrógeno más alto con el arroz BPI. La misma cantidad de arroz Bluebonnet, con y sin el agregado de nitrógeno, dio una retención significativamente baja, y al reducirse la ingesta de arroz

a 320 g, el descenso en el balance de nitrógeno de los individuos fue aún mayor. Los autores concluyeron que desde el punto de vista nutricional el arroz BPI es mejor que la variedad Bluebonnet porque suministra mayores ingestas de lisina. Si bien la conclusión e interpretación de los resultados son correctas, ello no significa que el arroz BPI contenga una proteína de mejor calidad que la variedad Bluebonnet, ya que los estudios no se llevaron a cabo con ingestas iguales de nitrógeno protéinico. Es un hecho reconocido que la ingesta de nitrógeno guarda relación directa con el balance de nitrógeno. Por lo tanto, una prueba más efectiva habría sido administrar el arroz BPI a una ingesta protéinica igual a la del arroz Bluebonnet, es decir, a una ingesta de 480 g, que es la que corresponde a esta última variedad, comparándola luego con 225 g correspondientes al arroz BPI.

En el Cuadro No. 22, se resumen los resul-

Cuadro No. 22. — Calidad protéinica de variedades de arroz de contenido protéinico diferente.

Variedad de arroz	Contenido protéinico %	Regresión de la in- gesta protéinica sobre la gana- cia ponderal.	Calidad relativa de la proteína en rela- ción a la caseína, %
INTAN	5.7	$Y = -14.05 + 3.49 x$	110.4
IR8	7.3	$Y = -14.35 + 3.25 x$	100.0
IR8	9.7	$Y = -15.46 + 3.04 x$	91.4
Caseína	87.7	$Y = -14.44 + 3.23 x$	100.0
BPI-76-1	14.3	$Y = -11.1 + 2.78 x$	72.4
Caseína	87.7	$Y = -10.7 + 3.63 x$	100.0

Tomado de: Bressani, R., L. G. Elias y B. O. Juliano (12).

tados de un estudio de Bressani, Elías y Juliano (12) los cuales indican que el arroz BPI tiene una proteína de calidad inferior a la de otras variedades de ese cereal.

En ese estudio, varias muestras de arroz que contenían diferentes niveles de proteína fueron administradas a ratas jóvenes, con el propósito de suplir niveles crecientes de proteína. Se calcularon ecuaciones de regresión a partir de la relación ingesta proteínica-ganancia ponderal, la cual es lineal a niveles bajos de ingesta de proteína. El coeficiente de regresión equivale a la calidad de la proteína. Según revelan los datos, la proteína de las variedades de arroz de menor contenido proteínico es de mejor calidad que la de aquellas variedades de mayor contenido proteínico. La variedad BPI acusó el valor más bajo. Si bien esto es cierto, las variedades de arroz de mayor contenido de proteína poseen ciertas ventajas, como son el de requerir una menor ingesta de grano que aporta los niveles mínimos de aminoácidos esenciales, y un menor consumo de alimentos suplementarios.

Según se mencionó es costumbre muy difundida consumir el arroz juntamente con otros alimentos, dentro de los cuales la carne de pollo parece ser la preferida. En diversas ocasiones (33, 38) se ha podido comprobar, en animales de experimentación, que el consumo de arroz y pollo aumenta la utilización de la proteína ingerida. Recientemente, Lee y colaboradores (34) dieron a conocer un estudio de balance de nitrógeno en 6 sujetos del sexo masculino, quienes en un caso fueron alimentados con 6 g de nitrógeno de arroz (446 g), y en el otro con 8 g de nitrógeno de arroz (595 g), ya fuese solo o remplazado en parte por carne de pollo. Los resultados se aprecian en el Cuadro No. 23. Los tratamientos dietéticos fueron: 100% de

Cuadro No. 23. — Efecto del remplazo parcial de nitrógeno de arroz por nitrógeno de carne de pollo sobre el balance nitrogenado de sujetos adultos jóvenes.

Distribución de ingesta de N		Nitrógeno, g / día		
Arroz g	Pollo g	Orina	Heces	Balance
6	0	4.82	1.32	0.18
5.1	0.9	4.79	1.15	0.39
4.2	1.8	4.88	1.14	0.30
8	0	5.78	1.46	1.07
6.8	1.2	6.01	1.42	0.89
5.6	2.4	5.98	1.31	1.04

Tomado de : Lee, Chun-Ja et al. (34).

Cuadro No. 24. — Balance de nitrógeno de sujetos adultos alimentados con maíz o arroz como fuente única de proteína.

Nivel de nitrógeno de maíz en la dieta* gN/día	Balance de nitrógeno g/día	Nivel de nitrógeno de arroz en la dieta* gN/día	Balance de nitrógeno g/día
4	-1.00	—	—
6	-0.50	6	-0.01
8	+0.50	—	—

* Tomado de : Kies, C. et al. (30, 32).

nitrógeno de arroz en las combinaciones siguientes: 85% de arroz y 15% de carne de pollo, y 70% de arroz y 30% de carne de pollo, respectivamente. A bajos niveles de ingesta de nitrógeno, el promedio de balance nitrogenado aumentó cuando el 85% del nitrógeno se derivaba del arroz, y el 15% del pollo. Sin embargo, este incremento careció de significado estadístico. A niveles altos de ingesta de nitrógeno, el remplazo parcial de nitrógeno de arroz, por nitrógeno de pollo no tuvo ningún efecto, aunque sí se comprobó un efecto significativo del nivel del N ingerido sobre el N retenido. Los autores explican esa falta de significación estadística en base a que 6 u 8 g de nitrógeno de arroz bastan para suplir la lisina necesaria para satisfacer los requerimientos de este aminoácido en adultos jóvenes. Estos resultados concuerdan con los informados por Chen et al. (15).

COMPARACION ENTRE EL ARROZ Y EL MAIZ

El arroz es una fuente proteínica más adecuada que el maíz según lo indica la comparación de balances promedio de nitrógeno de sujetos alimentados con 6 g de nitrógeno proveniente de cualquiera de las dos fuentes (Cuadro No. 24). De acuerdo con Kies, Williams y Fox (30, 32), 6 g de nitrógeno de maíz dan una retención nitrogenada de -0.50 g/día, mientras que la misma cantidad de nitrógeno de arroz da un balance de nitrógeno con un valor de -0.01 g día. A este nivel de ingesta de nitrógeno, el arroz contiene mayores cantidades de lisina y triptófano que el maíz, aminoácidos éstos que son los limitantes en este cereal. Con base en estos datos, se ha estimado que cerca de 7 g de nitrógeno de maíz son necesarios para obtener una retención de nitrógeno igual a la producida por 6 g de nitrógeno de arroz. A estos niveles de ingesta de nitrógeno, la ingesta de aminoácidos esenciales limitantes es prácticamente la misma. En base al contenido proteínico de cada cereal, para lograr un equilibrio de nitrógeno se necesitan 550 g de maíz y casi la misma can-

Cuadro No. 25. — Balance promedio de nitrógeno, digestibilidad proteínica real, utilización proteínica neta y proteína neta disponible en niños alimentados con proteína de arroz solo o suplementado con aminoácidos.

D i e t a	Nitrógeno		Digestibilidad proteínica real %	Utilización proteínica neta %	Proteína neta disponible g/kg
	Ingesta	Balance			
	g/kg				
Arroz	4.11	0.39	82.6	52.9	0.71
+ metionina	4.08	0.49	84.0	55.7	0.74
+ lisina	4.22	0.53	80.4	54.8	0.76
+ lisina					
+ metionina	4.21	0.57	80.6	55.8	0.77
Leche descremada	4.26	1.18	85.7	69.7	0.96
Arroz	4.05	0.34	82.5	54.9	0.71
+ lisina					
+ metionina	4.22	0.80	82.0	63.4	0.85
+ lisina					
+ metionina					
+ treonina	4.26	0.98	81.7	67.1	0.91
Leche descremada	4.28	1.20	85.9	71.8	0.98

Tomado de Parthasarathy, H. N. et al (37).

tividad de arroz, a causa del menor contenido de nitrógeno que el arroz tiene en comparación con el maíz. Es importante pues, que estos datos se tomen en consideración, sobre todo desde el ángulo económico. Por consiguiente, sería ventajoso seleccionar genéticamente variedades de arroz con un mayor contenido de proteína.

Estudios en niños

Al igual que en el caso de los adultos, el número de estudios llevados a cabo en niños para evaluar la calidad de las proteínas del arroz, son muy limitados. En 1964 Parthasarathy et al. (37) publicaron los resultados de un estudio de balance de nitrógeno que dichos investigadores llevaron a cabo en niñas comprendidas entre los 8 y 9 años de edad, y cuyo peso promedio era de 18 a 23 kg.

Se les proporcionó 1.3 g de proteína de arroz libre de suplemento, y de arroz enriquecido con varios suplementos de aminoácidos, con los resultados que se muestran en el Cuadro No. 25. Según se observa, los valores indican que no se obtuvo ninguna mejoría en la calidad de la proteína con la adición individual de lisina o metionina, y que cuando ambos aminoácidos fueron agregados juntos, sí se logró cierta mejoría, aunque pequeña. Por otro lado, la adición simultánea de lisina y treonina mejoró la calidad de la proteína del arroz, y aún más cuando a éstos se agregó metionina. Los autores llegaron a la conclusión de que 1.3 g de proteína de arroz/kg/día satisfacen todos los requerimientos de aminoácidos esenciales de los niños. Cuando también se toma en cuenta

la proteína digerible, ésta se torna limitante en lisina. La proteína neta disponible, es decir, el producto resultante de la utilización neta de la proteína y de la ingesta proteínica, dio un valor de 0.71 g/kg para el arroz solo, cifra que es igual al requerimiento proteínico mínimo que establece la proteína de referencia de la FAO, esto es, 0.6 gramos. A partir de sus hallazgos Parthasarathy et al. de nuevo concluyeron que la proteína del arroz es deficiente en lisina, treonina y metionina, deficiencias que también lograron establecerse a través de sus experimentos con animales.

Un estudio del INCAP (13), cuyos resultados se exponen en el Cuadro No. 26, reveló que a niveles de una ingesta de proteína de arroz de 2.0 ó 1.6 g/kg/día, la adición de lisina induce una mayor mejoría en la calidad de la proteína del arroz. El agregado de metionina y treonina al arroz ya suplementado con lisina, indujo únicamente pequeños incrementos por encima de los obtenidos mediante la suplementación con lisina. En general, estos resultados concuerdan con los hallazgos de otros investigadores.

Si se da por sentado que la metodología empleada por los diversos investigadores es adecuada, las diferencias obtenidas en cuanto a respuesta a la suplementación con aminoácidos podrían deberse a variaciones en los requerimientos de los propios sujetos. Sin embargo, no debe descartarse la existencia de posibles diferencias en el contenido de aminoácidos de las muestras de arroz usadas en el curso de los experimentos.

Cuadro No. 26. — Balance promedio de nitrógeno de niños alimentados con proteína de arroz solo y con el agregado de varios suplementos de aminoácidos.

D i e t a	N i t r ó g e n o		Absorción % de ingesta de N	Retención % de ingesta de N
	Ingesta	Balance		
	mg/kg/día			
Leche	317	93	86.1	29.3
Arroz	320	60	79.1	18.7
+ lisina	320	80	79.7	25.0
+ lisina				
+ metionina	344	74	77.3	21.5
+ lisina				
+ metionina				
+ treonina	349	81	78.8	23.2
+ lisina + metionina				
+ treonina + triptófano	309	82	78.3	26.5
Leche	265	71	87.9	26.8
Arroz	235	40	83.8	17.4
+ lisina	249	42	79.9	17.7
+ lisina + metionina	260	68	82.3	22.7
+ lisina + metionina				
+ treonina + triptófano	254	55	84.2	21.6

Comparación entre el arroz y otros cereales

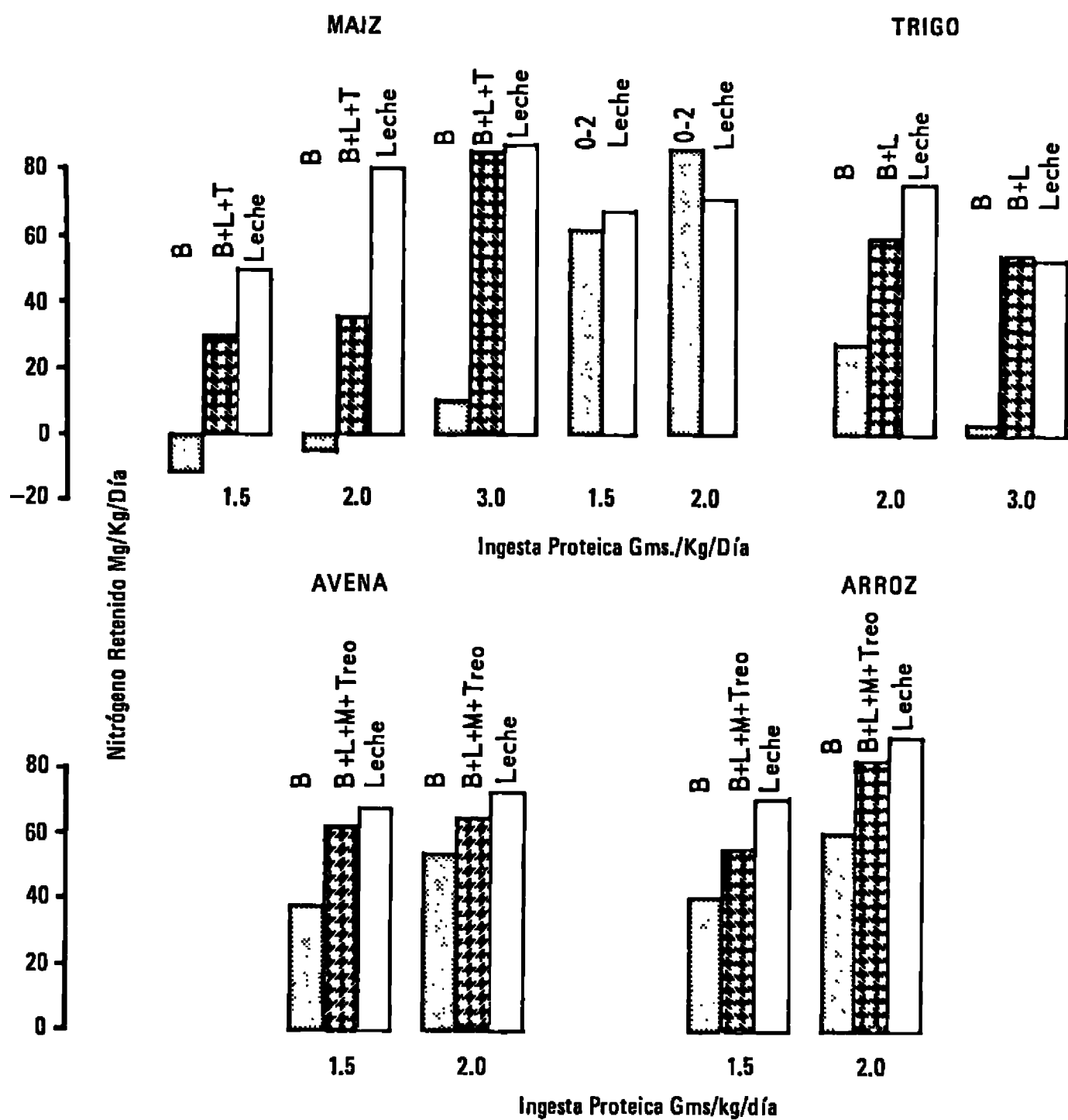
La calidad proteínica de varios cereales libres de suplementación, y con el agregado de sus aminoácidos limitantes —según pruebas efectuadas en niños— se resume en la Figura 3 (9, 41). Las barras muestran el nitrógeno retenido a la ingesta de nitrógeno que se indica en la parte inferior de la Gráfica. Según se observa, la proteína del arroz por sí sola es tan buena como las derivadas de la avena y del maíz opaco-2, mientras que las proteínas de la harina de trigo y del maíz común son de calidad inferior. La adición de los aminoácidos limitantes induce una mejora en la calidad proteínica, pero ésta no llega a los valores obtenidos con las proteínas de leche. La razón más probable

de esta observación puede atribuirse a la digestibilidad de la proteína, la cual es inferior a la de la proteína de los cereales. Es de interés señalar que los resultados expuestos corroboran los hallazgos en animales de experimentación.

La digestibilidad de la proteína del arroz, en comparación con la de otros cereales, amerita algunos comentarios. En el Cuadro No. 27 se dan a conocer los resultados obtenidos en niños que recibieron dos o tres niveles de proteína proveniente de cuatro cereales. Como los datos lo revelan, el nitrógeno fecal es más alto cuando la ingesta de nitrógeno también es alta, incluso en el caso de las proteínas de la leche. Cuando el nitrógeno fecal se expresa como por ciento de la ingesta de nitrógeno, el valor ob-

Cuadro No. 27. — Absorción de nitrógeno y nitrógeno fecal en relación a la ingesta de nitrógeno.

	N i t r ó g e n o		%	N F — x 100 I N
	Ingesta	Fecal		
	mg/kg/día		Absorbido	
A-rroz	235	38	83.8	16.2
	320	67	79.1	20.9
Maíz	238	58	75.6	24.4
	338	75	77.8	22.2
	469	128	72.7	27.3
Trigo	294	45	84.7	15.3
	335	49	85.4	14.6
	483	62	87.2	12.8
Avena	251	49	80.5	19.5
	330	68	79.4	20.6
Leche	259	36	86.1	13.9
	338	53	84.3	15.7
	464	80	82.7	17.2



Incap 70 - 112

Figura 3. Retención de nitrógeno de niños alimentados con cereales libres de suplemento y adicionados de sus aminoácidos limitantes, y con leche.

Cuadro No. 28. — Digestibilidad de la proteína del arroz y de otros cereales *

Cereal	Nitrógeno			N F — x 100 I N
	Ingerido	Fecal	Absorbido	
	mg/kg/día		% de ingesta	
Arroz	243	80	67.1	32.9
Maíz	225	72	68.0	32.0
Harina de trigo	226	48	78.8	21.2
Avena	225	39	82.7	17.3

* Promedio de tres perros semiadultos/cereal.

tenido es mayor en el caso de todas las proteínas a medida que la ingesta de nitrógeno aumenta, salvo en lo que respecta a la proteína de la harina de trigo. El nitrógeno absorbido, esto es, la diferencia entre el N ingerido y el N fecal —expresado como porcentaje de la ingesta de nitrógeno— muestra una relación inversa con la ingesta de nitrógeno en el caso de todas las proteínas, exceptuando la harina de trigo.

Aun cuando es difícil explicar la forma diferente en que la harina de trigo se comporta frente a los otros alimentos, la digestibilidad de la proteína del arroz es más baja que la de harina de trigo y la de leche, y similar a la del maíz y la avena. La relación negativa entre la ingesta de nitrógeno y el nitrógeno fecal expresado como nitrógeno absorbido, era de esperar. Sin embargo, lo que no se contemplaba es el hecho de que la digestibilidad de la proteína del arroz fuese similar a la del maíz, ya que el arroz es de calidad proteínica superior al maíz.

La menor digestibilidad de la proteína del arroz fue observada también en animales de experimentación (28), tal como se indica en el Cuadro No. 28. Como en el caso de los niños, la digestibilidad del arroz fue similar a la del maíz, e inferior a la determinada para la avena y la harina de trigo. Evidentemente, todos estos resultados son significativos y dignos de atención, ya que señalan la necesidad de impulsar el desarrollo de un arroz de mejor calidad proteínica para consumo humano.

CONCLUSIÓN

La información expuesta en este trabajo indica que con la excepción de unos cuantos países, el consumo de arroz en América Latina no es tan elevado como el de maíz o trigo. Ello se debe a varias razones, algunas posiblemente de índole cultural, pero se tiene la impresión de que hay también otros motivos, por ejemplo, el costo más alto del arroz y la escasa disponibilidad de alimentos que comúnmente se

consumen junto con el arroz. El frijol, por ejemplo, también amerita consideración.

Desde el punto de vista químico y en comparación con otros cereales, la principal desventaja del arroz radica en su bajo contenido proteínico, el cual fluctúa entre 6 y 8%. Esta proteína es de mejor calidad que la del maíz, el sorgo, y la harina de trigo. Tanto en el caso de animales de experimentación como de seres humanos, los aminoácidos deficientes son lisina, treonina y probablemente, también metionina. No obstante, el arroz contiene mayores niveles de lisina que otros cereales.

Al igual de lo que sucede con la proteína de otros cereales, la calidad de la proteína del arroz es susceptible de mejorar mediante la adición de los aminoácidos en los cuales es deficiente, o bien por el agregado de pequeñas cantidades de concentrados proteínicos. Estos hallazgos han servido de base para la formulación de mezclas de fortificación de arroz en forma de granos sintéticos, que si se usan, pueden no sólo mejorar la calidad de la proteína, sino también aportar proteína adicional.

La aplicación de estas medidas permitiría corregir las limitaciones nutricionales inherentes a las proteínas del arroz, es decir, sus deficiencias de aminoácidos y su contenido proteínico total.

La calidad de la proteína proveniente de mezclas de arroz y de frijol, alimentos de uso muy común en América Latina, es más alta que la de mezclas similares de otros cereales con frijol. Se estima que por su calidad nutricional, una mayor disponibilidad, y el consumo más frecuente de arroz con frijol, podría ser un instrumento muy útil para combatir la desnutrición proteínico-calórica, sobre todo si el arroz tuviese un mayor contenido de proteína, y si este cereal se consumiera combinado con frijol. Esta medida podría traer consigo mayores beneficios para las poblaciones jóvenes, puesto que el arroz por sí solo satisface las necesidades de aminoácidos de las poblaciones adultas.

Obviamente, esta afirmación no significa que para los adultos el consumo de arroz con frijol no sea mejor que el de solo arroz; todo lo contrario, el consumo de esta combinación debe estimularse a fin de lograr un mayor grado en su eficiencia de utilización.

La evidencia colectada indica, por lo tanto, que deben hacerse esfuerzos por aumentar la

disponibilidad del arroz en América Latina. Sin embargo, también se cree que los esfuerzos agro-nómicos que se inicien en este sentido deben tomar en cuenta las limitaciones nutricionales de ese cereal, a fin de que el arroz pueda transformarse en uno, no sólo de mejor balance, sino cuyo consumo permita a nuestros pobladores tener un estómago lleno y una mejor nutrición.

LITERATURA CITADA

1. Bressani, R., N. S. Scrimshaw, M. Behar y F. Viteri. 1958. Supplementation of cereal proteins with amino acids. II. Effect of amino acid supplementation of corn "masa" at intermediate levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. *J. Nutrition* 66:501-513.
2. Bressani, R., D. L. Wilson, M. Behar y N. S. Scrimshaw. 1960. Supplementation of cereal proteins with amino acids. III. Effect of amino acid supplementation of wheat flour as measured by nitrogen retention of young children. *J. Nutrition* 70:176-186.
3. Bressani, R., A. Aguirre, L. G. Elías, R. Arroyave, R. Jarquin y N. S. Scrimshaw. 1961. All-vegetable protein mixtures for human feeding. IV. Biological testing of INCAP Vegetable Mixture Nine in chicks. *J. Nutrition* 74:209-216.
4. Bressani, R., L. G. Elías y N. S. Scrimshaw. 1962. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VII. Biological testing of INCAP Vegetable Mixture Nine in rats. *J. Food Science* 27:203-209.
5. Bressani, R. y A. T. Valiente. 1962. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VII. Protein complementation between polished rice and cooked black beans. *J. Food Science* 27:401-406.
6. Bressani, R., A. T. Valiente y C. E. Tejada. 1962. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. *J. Food Science* 27:394.
7. Bressani, R., D. L. Wilson, M. Behar, M. Chung y N. S. Scrimshaw. 1963. Supplementation of cereal proteins with amino acids. IV. Lysine supplementation of wheat flour fed to young children at different levels of protein intake in the presence or absence of other amino acids. *J. Nutrition* 79:333-339.
8. Bressani, R., D. L. Wilson, M. Chung, M. Behar y N. S. Scrimshaw. 1963. Supplementation of cereal proteins with amino acids. V. Effect of supplementing lime-treated corn with different levels of lysine, tryptophan and isoleucine on the nitrogen retention of young children. *J. Nutrition* 80:80-84.
9. Bressani, R., D. L. Wilson, M. Chung, M. Behar y N. S. Scrimshaw. 1963. Supplementation of cereal proteins with amino acids supplementation of rolled oats as measured by nitrogen retention of young children. *J. Nutrition* 81:399-404.
10. Bressani, R. y E. Marengo. 1963. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan and vitamins. *J. Agr. Food. Chem.* 11:517-522.
11. Bressani, R., L. G. Elías y R. A. Gomez Brenes. 1969. Protein quality of opaque-2 corn. Evaluation in rats. *J. Nutrition* 97:173-180.
12. Bressani, R., L. G. Elías y B. O. Juliano. Evaluation of the protein quality of milled rice differing in protein content. *J. Agr. Food Chem.* (En prensa).
13. Bressani, R., D. M. Wilson, F. Viteri, L. Mosovich y J. Alvarado. Effect of amino acid supplementation of white rice fed to children. *Arch. Latinoamer. Nutr.* (En prensa).
14. Clark, H. E., J. M. Howe y Chung-Ja Lee. 1971. Nitrogen retention of adult human subjects fed a high protein rice. *Am. J. Clin. Nutr.* 24:324-328.
15. Chen, S. C., H. M. Fox y C. Kies. 1967. Nitrogenous factors affecting the adequacy of rice to meet the protein requirements of human adults. *J. Nutrition* 92:429-434.
16. Deshpande, P. D., A. E. Harper, F. Quiros-Perez y C. A. Elvehjem. 1955. Further observations on the improvement of polished rice with protein and amino acid supplements. *J. Nutrition* 57:415-428.
17. Elías, L. G., R. Jarquin, R. Bressani y C. Albertazzi. 1968. Suplementación del arroz con concentrados proteicos. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 18:27-38.
18. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1966. Food Balance Sheets, 1960-1962 (Average). FAO. Roma, Italia.
19. Gomez Brenes, R. 1971. Enriquecimiento de los cereales con proteínas y aminoácidos, o ambos. Aspectos nutricionales. En: Recursos Proteínicos en América Latina. (Capítulo IV). M. Behar 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. pp. 333-352.
20. Harper, A. E., M. E. Winje, D. A. Benton y C. A. Elvehjem. 1955. Effect of amino acid supplements on growth and fat deposition in the livers of rats fed polished rice. *J. Nutrition* 56:198.
21. Hundley, J. M., H. R. Sandstead, A. G. Sampson y G. D. Whedon. 1957. Lysine, threonine and other amino acids as supplements to rice diets in man: amino acid imbalance. *Am. J. Clin. Nutr.* 5:316-326.
22. INCAP. 1969. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Costa Rica. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala. 113 p. y 5 apéndices.
23. INCAP. 1969. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. El Salvador. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala. 142 p. y 5 apéndices.

24. INCAP. 1969. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala. 136 p. y 5 apéndices.
25. INCAP. 1969. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Honduras. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala. 124 p. y 5 apéndices.
26. INCAP. 1969. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Nicaragua. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala. 110 p. y 5 apéndices.
27. INCAP. 1969. Evaluación Nutricional de la Población de Centro América y Panamá. Panamá. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá; Oficina de Investigaciones Internacionales de los Institutos Nacionales de Salud (E.U.A.) y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Guatemala. 117 p. y 5 apéndices.
28. INCAP. (Información inédita).
29. Jarquin, R., P. Noriega y R. Bressani. 1966. Enriquecimiento de harinas de trigo, blanca e integral, con suplementos de origen animal y vegetal. Arch. Latinoamer. Nutr. 16 : 89 - 103.
30. Kies, C., E. Williams y H. M. Fox. 1965. Determination of first limiting nitrogenous factor in corn protein for nitrogen retention in human adults. J. Nutrition 86 : 350 - 356.
31. Kies, C., E. Williams y H. M. Fox. 1965. Effect of non-specific nitrogen intake on adequacy of cereal proteins for nitrogen retention in human adults. J. Nutrition 86 : 357 - 361.
32. Kies, C., H. M. Fox y E. R. Williams. 1967. Effect of non-specific supplementation on minimum corn protein requirements and first-limiting amino acid for adult men. J. Nutrition 92 : 377 - 383.
33. Kik, M. C. 1965. Nutritional improvement of rice diets and effect of rice on nutritive value of other foodstuffs. Faculted ARK. University of Arkansas. (Bull. 698 Agr. Exp. Sta. Div. Agric.).
34. Lee, Chung-Ja, J. M. Howe, K. Carloson y H. E. Clark. 1971. Nitrogen retention of young men fed rice white and without supplementary chicken. Am. J. Clin. Nutr. 24 : 318-323.
35. Mertz, E. T., L. S. Bates y O. E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science 145 : 279.
36. Mertz E. T., O. A. Veron, L. S. Bates y O. E. Nelson. 1965. Growth of rats fed on opaque-2 maize. Science 148 : 1741.
37. Parthasarathy, H. N., K. Joseph, V. A. Daniel, T. R. Doraiswamy, A. N. Sankaran, M. Narayana Rao y M. Swaminathan. 1964. The effect of supplementation of a rice diet with lysine, methionine and threonine on the digestibility coefficient, biological value and net protein utilization of the proteins and on the retention of nitrogen in children. Canad. J. Biochem. 42 : 385 - 394.
38. Pecora, L. J. y J. M. Hundley. 1951. Nutritional improvement of white polished rice by the addition of lysine and threonine. J. Nutrition 44 : 101.
39. Rosenberg, H. R. y R. Culik. 1957. The improvement of the protein quality of white rice by lysine supplementation. J. Nutrition 63 : 477 - 487.
40. Rosenberg, H. R., H. R. Culik y R. E. Eckert. 1959. Lysine and threonine supplementation of rice. J. Nutrition 69 : 217 - 228.
41. Scrimshaw, N. S., R. Bressani, M. Sesar y F. Viteri. 1958. Supplementation of cereal protein with amino acids. I. Effect of amino acid supplementation of corn 'maize' at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. J. Nutrition 64 : 483 - 499.
42. Van Veen, A. G., D. C. W. Grahm y H. Stenkrus. 1968. Fermented rice, food from El Salvador. Arch. Latn. Nutr. 18 : 363 - 373.