

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

ENRIQUECIMIENTO DE LOS CEREALES Y SUS PRODUCTOS CON CONCENTRADOS PROTEINICOS Y AMINOACIDOS, O AMBOS: ASPECTOS NUTRICIONALES

Dr. Roberto A. Gómez Brenes

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá

Guatemala, C. A.

Los cereales constituyen la base de la alimentación de los pobladores de los países latinoamericanos, así como de otras partes del mundo. Varios son los factores responsables, en particular las menores exigencias agronómicas para su cultivo; su mayor rendimiento en término de calorías por unidad de tierra cultivada; la facilidad que presenta su almacenaje y transporte; su mayor disponibilidad económica para los grupos de población de bajos recursos y, por último, los hábitos dietéticos prevalentes en cada localidad.

A los animales de crianza también se les administra estos cereales, ya sea solos o en combinación con otros alimentos para que produzcan proteínas de buena calidad o como fuente de energía que les permita un mayor rendimiento, sobre todo en los países cuya tecnología agrícola está aún en las primeras etapas de desarrollo.

En general, el contenido proteínico de los cereales es bajo, y su valor nutritivo de calidad inferior a la deseada debido principalmente a las deficiencias en ciertos aminoácidos esenciales de que adolecen. Esto último lo agrava el hecho de que los cereales se consumen muchas veces juntamente con otros alimentos de bajo valor biológico.

Las deficiencias citadas no significan que los cereales carezcan de utilidad o que no puedan ser empleados en la nutrición humana o animal, pues muy pocas dietas de uso corriente están formadas de una sola proteína. Por otro lado, el interés primordial se centra en la habilidad de una de ellas para incrementar el valor nutritivo de la otra, ya que un patrón deficiente de aminoácidos en una proteína dada, puede ser corregido parcial o totalmente suplementándola con otras o mediante la adición de aminoácidos puros. El proceso de incrementar el valor nutritivo de una proteína en una dieta mixta se realiza mezclando dos de los alimentos que la integran en las proporciones adecuadas. Una de ellas es de bajo valor nutritivo y la otra tiene un patrón de aminoácidos capaz de corregir las deficiencias de la primera; el resultado final es una mezcla que contiene los niveles óptimos de proteína y de aminoácidos necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales.

El maíz, por ejemplo, se consume en combinación con frijoles; éstos aumentan el contenido proteínico del primero y así corrigen algunas de sus deficiencias, de modo que los adultos pueden subsistir con estas dietas parcialmente suplementadas. Sin embargo, cuando hay una deficiencia en la ingesta o en el patrón de aminoácidos, los resultados de la desnutrición son más evidentes en los niños que en los adultos, ya que las reservas proteínicas de los primeros son mínimas y pueden reducirse más rápidamente. Esto sucede especialmente cuando los niños están sometidos a limitaciones en

la ingesta alimentaria como consecuencia de enfermedades prolongadas, por ejemplo, las de carácter gastrointestinal y las respiratorias.

El problema de la desnutrición ha sido descrito por muchos investigadores (1-6) y se presenta más frecuentemente en los preescolares, cuyos requerimientos proteínicos son mucho más elevados que los de niños de más edad y de los adultos. Particularmente en las áreas tropicales, esos niños se alimentan sobre todo de cereales, y su ingesta de proteínas de buena calidad es muy escasa o inexistente. Otra de las consecuencias de la ingesta inadecuada de proteínas en la nutrición animal, es la disminución del potencial genético para crecimiento que presentan algunos de los animales criollos, por ejemplo, los cerdos.

En Centro América se ha observado que los cerdos criollos nunca alcanzan los pesos obtenidos por los animales importados, de pura raza, cuando se alimentan con raciones balanceadas; éste es uno de los motivos por el que la industria porcina no rinde los beneficios económicos y nutricionales que usualmente se derivan de su práctica. Una de las razones primordiales que explican el comportamiento de los cerdos criollos es la desnutrición crónica de que han padecido durante muchas generaciones. Bien puede ser que esto haya disminuido su potencial genético de crecimiento a través de una atrofia parcial o total de algunos de sus sistemas enzimáticos de digestión, ocasionando, por lo tanto, una menor utilización de los alimentos consumidos.

Las consideraciones precedentes aplican también en el caso de animales importados de pura raza cuando no se les suministran raciones balanceadas de alto valor nutritivo.

En esta presentación se comentan algunos aspectos relacionados con los siguientes puntos: materiales usados en la suplementación de cereales; factores que afectan el valor nutritivo de los alimentos, y el mejoramiento de éstos a través de la suplementación con concentrados proteínicos y/o aminoácidos, así como ciertas de las ventajas resultantes de esa práctica.

Valor Nutritivo, Materiales que Pueden Usarse, y Factores a Considerar en la Suplementación de los Cereales

Como ya se dijo, el contenido proteínico de los cereales es bajo: el arroz contiene la menor cantidad, aproximadamente 6%, siguiéndole el maíz, con 9 a 11%, el trigo, 12%, y la avena, 14%. Muchas son las investigaciones que se han llevado a cabo con miras a elevar la cantidad y calidad de sus proteínas; para citar solo un ejemplo, se han notificado variedades de arroz hasta con 14% de proteína (7).

Sin embargo, varios investigadores (8-10) han observado que aun cuando el valor nutritivo del maíz mejora conforme su contenido proteínico asciende, su eficiencia de utilización disminuye. En los casos en que los cereales constituyen la base principal de la dieta y ésta no se acompaña de

otras proteínas, la alta concentración de carbohidratos y el bajo contenido proteínico de los cereales producen un desbalance proteínico-calórico que algunos autores (11, 12) reconocen como un factor de importancia en el desarrollo de la desnutrición.

La proteína de los cereales es de bajo valor nutritivo porque no sólo es deficiente en uno o más de los aminoácidos esenciales, sino también contiene cantidades excesivas de otros. Por ejemplo, el maíz es deficiente en lisina y triptofano y contiene cantidades insuficientes de isoleucina en función de su contenido de leucina (13-16); por otro lado, tiene un exceso de fenilalanina, tirosina y leucina (17-19).

El arroz es deficiente en lisina y treonina, siendo la causa de esta insuficiencia su baja disponibilidad para el organismo (20-22). La proteína de trigo es deficiente en lisina, metionina y treonina (14, 23-25), y la proteína de avena lo es en lisina y treonina (26-28). Se han logrado ciertos progresos en el aumento de la concentración de los aminoácidos limitantes en las proteínas de los cereales. A título ilustrativo cabe mencionar que se ha informado (29) sobre variedades de maíz con un germen más grande y que contiene mayores cantidades de lisina, y otras cuyo contenido de este aminoácido es hasta de 4 g/16 g de nitrógeno (30, 31). En las Islas Filipinas se han notificado también mejoras similares para ciertas variedades de arroz (7).

Numerosos estudios experimentales realizados tanto en seres humanos como en animales, han demostrado la disponibilidad de un gran número de materiales que pueden ser usados para suplementar la cantidad y calidad de las proteínas de los granos de cereales y sus productos. Estos pueden agruparse dentro de las cuatro categorías siguientes:

A. *Concentrados Proteínicos de Origen Animal*

Entre éstos se encuentran: harina de pescado, leche íntegra o descremada, caseína, proteína de huevo, y harinas de carne, carne y hueso, de camarón, de sangre, de plumas y de pelo de cerdo.

B. *Concentrados Proteínicos de Origen Vegetal*

Incluyen, entre otros: semillas leguminosas, subproductos industriales de semillas oleaginosas, levaduras y proteínas de bacterias, y el germen de cereales.

C. *Aislados Proteínicos*

Estos se refieren a los derivados de hojas, algas y semillas leguminosas.

D. Aminoácidos Puros

Algunos de éstos se venden ya a precios relativamente bajos en el mercado.

Desde hace mucho tiempo se sabe que la proteína de un alimento debe contener todos los aminoácidos esenciales en las proporciones correctas, a fin de que el organismo pueda utilizarla eficientemente. Sin embargo, no todos los alimentos tienen esta característica, por lo que al suplementarlos deben tenerse en cuenta varios conceptos importantes. Estos son: *imbalance*, *antagonismo* y *toxicidad* de los aminoácidos, ya que si bien es cierto que sus efectos no se observan comúnmente en los humanos, sí son de gran importancia en la nutrición animal. El grado de digestibilidad de la proteína y la disponibilidad de sus aminoácidos juegan, asimismo, un papel muy significativo desde el punto de vista nutricional.

En general, el término "*imbalance*" se refiere a un patrón de aminoácidos en la dieta que induce cierta detención del crecimiento. Ese *imbalance* resulta de agregarle el aminoácido que no ocupa el primer lugar como deficiente, y puede superarse suplementando la dieta con el aminoácido en que es más limitante (32).

El término "*antagonismo*" se aplica comúnmente al patrón de aminoácidos en la dieta que causa detención del crecimiento, siendo también factible de superar mediante la adición de un aminoácido de estructura química similar al que produce ese antagonismo. En este caso y en contraste con el *imbalance*, no es necesario que el aminoácido adicionado sea limitante. Uno de los resultados de ambas condiciones, es decir, del *imbalance* o del *antagonismo*, es cierto aumento en el requerimiento de un aminoácido ya presente en la dieta en cierta cantidad que, en circunstancias ordinarias, sería la adecuada (32).

Finalmente, el término "*toxicidad*" se aplica a situaciones en que el efecto adverso se debe a la presencia de cantidades excesivas de un aminoácido, ya sea que éste se agregue o esté presente ya en la proteína (32).

Hay que tener en cuenta, además, que el grado de digestibilidad y absorción de diversas proteínas varía en el cuerpo, razón por la que antes de poder predecir con cierta seguridad los niveles de suplementación adecuados para humanos, es necesario hacer estudios preliminares de diferentes mezclas proteínicas en animales de experimentación. Ello es indispensable, ya que el valor que una proteína tiene para aumentar la eficiencia de otra, depende principalmente de su habilidad en suministrar los aminoácidos esenciales en el momento oportuno y en las proporciones correctas para su máxima utilización.

Muchas veces el alto contenido de aminoácidos de un alimento, determinado por análisis químico, no basta como único criterio para establecer su capacidad como suplemento de una proteína deficiente. Es fundamental también conocer su disponibilidad fisiológica, dado que en muchos procesos indus-

triales en los que se usan presiones y temperaturas elevadas, pueden ocurrir reacciones químicas que los unan a otros compuestos y los hagan inabsorbibles por el intestino.

Ejemplos de Suplementación

Estudios efectuados en ratas y en humanos han revelado que las proteínas de la harina de trigo blanca e integral, son deficientes principalmente en el aminoácido lisina (33-35).

Asimismo, el efecto en la velocidad de crecimiento y consumo del alimento en animales de experimentación - resultante del mejoramiento en el patrón de aminoácidos y de un alza en los niveles de lisina - ha sido estudiado en dietas con diferentes concentraciones de proteína. A este respecto, cabe mencionar un estudio llevado a cabo por la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP (36) que consistió en alimentar a ratas con dietas elaboradas a base de harinas de trigo blanca e integral, suplementadas con harina de semilla de algodón, caseína, harina de soya, leche descremada y levadura torula. Concretamente, su propósito fue determinar los niveles óptimos de enriquecimiento.

Los resultados obtenidos se observan en el Cuadro 1. En general, el agregado de dichos concentrados produjo siempre un peso final mayor de los animales y un mejor índice de eficiencia proteínica (PER) que la ración usada como testigo. Tal y como ya lo han señalado otros investigadores (37, 38), los autores explican este hecho por el aumento de la proteína de la dieta y por el aporte de lisina y treonina de los concentrados proteínicos agregados. Sin embargo, el crecimiento que acusaron los grupos de ratas alimentadas con cantidades más altas de suplemento, confirmó los hallazgos de otros investigadores (39, 40), en el sentido de que la mejora observada en el PER no siempre está en relación directa con niveles más altos de suplementación, lo que indica una relación inversa entre el nivel proteínico de la dieta y el PER.

Los resultados en referencia también señalaron que las harinas integrales de trigo superan en valor nutritivo a las harinas blancas, requiriendo menores cantidades de suplemento. Esto ha sido atribuido a las pérdidas de proteína y de otros nutrientes que las harinas blancas sufren durante su proceso de refinamiento (38). Más adelante se dan a conocer algunos de los estudios de suplementación del trigo con aminoácidos realizados en niños.

En varios países del Istmo Centroamericano, así como en México, el maíz se consume principalmente en forma de tortillas y representa la fuente principal de proteínas y calorías de la dieta habitual. En el medio rural de Guatemala, por ejemplo, este cereal aporta hasta 75% del consumo diario *per capita* de calorías y 64% del de proteínas (41).

Se han llevado a cabo numerosos estudios (42, 43) orientados a establecer los cambios que ocurren en el maíz durante

el tratamiento alcalino a que se somete el grano previo al proceso de elaboración de las tortillas. A pesar de que este procedimiento no altera los componentes químicos principales del producto, sí ocurre un aumento significativo en su contenido de calcio, mientras que las vitaminas del complejo B - tiamina, riboflavina y niacina - disminuyen. Este hecho ha dado origen a diversas teorías sobre el significado nutricional de estos cambios, principalmente en relación con la niacina (44, 45).

CUADRO 1

Resultados del enriquecimiento de harina de trigo, blanca e integral, con suplementos de origen animal y vegetal

Tratamiento	PER*		
	Suplemento %	Harina blanca	Harina integral
Ninguno	-	0.85	1.62
Harina de semilla de algodón	10	1.85	2.10
	12	1.96	2.04
Caseína	4	2.39	2.54
	6	2.62	2.44
Harina de soya	6	1.66	1.89
	10	2.01	1.95
Leche descremada	6	1.92	1.98
	10	2.19	2.08
Levadura torula	4	1.72	2.17
	6	2.18	2.13

Datos tomados de: Jarquín, R., P. Noriega, y R. Bressani (36).

* PER = g de aumento de peso/g de proteína consumida.

Las proteínas del maíz han sido objeto de extensas investigaciones, y son varios los autores que han confirmado sus deficiencias en aminoácidos esenciales (46, 47). Algunos de ellos han encontrado que la lisina es el aminoácido que ocupa el primer lugar como deficiente (46, 48), si bien otros señalan que el triptofano es el primer aminoácido limitante (47, 49). Esta discrepancia ha sido explicada en función de las diferentes variedades de maíz usadas en los distintos experimentos (50), o bien a partir de la posibilidad de una deficiencia de ácido nicotínico en el maíz crudo, la que respondería favorablemente a la suplementación con triptofano debido a que este aminoácido puede ser transformado en dicha vitamina (47).

Asimismo, los estudios de suplementación llevados a cabo por otros investigadores, usando variedades de maíz de alto y bajo contenido proteínico (47, 51), han puesto de manifiesto que las respuestas obtenidas con el agregado de lisina, triptofano y ácido nicotínico, no son similares. Dichos autores llegaron a la conclusión de que en el maíz de alto contenido proteínico el desbalance de aminoácidos es mayor, y que en comparación con el maíz de bajo contenido en proteínas, la adición de lisina y niacina produce una mejor respuesta.

Otros investigadores (42, 43, 52, 53) han tratado también de explicar el mejor crecimiento que acusan las ratas alimentadas con tortilla como el resultado de un mejor balance de los aminoácidos esenciales. Es posible que ello se deba en parte a una menor solubilidad de la zeína durante el procesamiento a que el maíz se somete para la obtención de las tortillas. Estas investigaciones condujeron a Bressani, Elías, y Braham (54) a realizar ciertos estudios en ratas, en 1968, con miras a determinar el orden de secuencia de los aminoácidos en que son deficientes tanto el maíz crudo como la tortilla. Un segundo objetivo fue comparar el valor proteínico de ambos productos suplementados con lisina y triptofano. Los resultados de dichos ensayos señalaron que la lisina es el primer aminoácido limitante en la proteína de la tortilla, siguiéndole en orden de importancia el triptofano. Según se aprecia en el Cuadro 2, la mejor combinación entre estos dos aminoácidos se obtuvo al utilizar como suplemento, de 0.30 a 0.41% de lisina y de 0.05 a 0.10% de triptofano; estas combinaciones indujeron las mayores ganancias ponderales y los mejores índices de eficiencia proteínica.

CUADRO 2

Resultados de la suplementación, con aminoácidos, del maíz y de la masa para tortillas

	PER*	
	Maíz	Masa
Sin suplemento	1.13	1.21
+ 0.31% lisina	1.50	1.51
+ 0.47% lisina	1.35	1.27
+ 0.05% triptofano	1.37	1.18
+ 0.07% triptofano	1.29	1.32
+ 0.4% lisina + 0.05% triptofano	2.25	2.42
+ 0.4% lisina + 0.10% triptofano	2.58	2.68
+ 0.4% lisina + 0.15% triptofano	2.60	2.75

Tomado de: Bressani, R., L. G. Elías, y J. E. Braham (54).

* PER = g de aumento de peso/g de proteína consumida.

En cambio el maíz crudo enriquecido con las mismas cantidades de los dos aminoácidos citados, si bien mejoró la calidad de la proteína, ésta no alcanzó los valores obtenidos con la masa de tortilla suplementada con lisina y triptofano.

Se estudiaron también diferentes niveles de suplementación con isoleucina, metionina y treonina, de la dieta basal ya suplementada con lisina y triptofano, medida que - según pudo establecerse - no mejoró el valor nutritivo de la proteína.

Un medio efectivo de distribuir alimentos de alto valor nutritivo a grandes grupos de población podría ser a través de la suplementación de alimentos de consumo popular con concentrados proteínicos de origen animal o vegetal. El Cuadro 3 resume los resultados obtenidos a este respecto en un estudio con ratas (55) en el que la tortilla se suplementó con estos concentrados, observándose un incremento en el PER, de 1.0 a 2.5. Asimismo, se estimó que el mayor aumento en la eficiencia de la tortilla puede obtenerse agregando un suplemento que aporte cerca de 0.6 g de nitrógeno, 0.25 g de lisina, 0.045 g de triptofano, 0.20 g de isoleucina y 0.075 g de metionina.

CUADRO 3

Cantidades óptimas de concentrados proteínicos para suplementación de las tortillas

Concentrados proteínicos	% en la dieta	PER*
Ninguno	-	1.00
Proteína de huevo	3.0	2.25
Caseína (libre de vitaminas)	4.0	2.21
Harina de carne (desgrasada)	4.0	2.34
Harina de pescado	2.5	2.44
Proteína de soya	5.0	2.30
Harina de soya	8.0	2.25
Harina de algodón	8.0	1.83
Levadura torula	2.5	1.97
Harina de semilla de ayote	5.5	1.73

Datos tomados de: Bressani, R., y E. Marengo (55).

* PER = g de aumento de peso/g de proteína consumida.

Los resultados de otros estudios (56), esta vez en cerdos alimentados con maíz suplementado con lisina y triptofano o con harina de soya, se presentan en el Cuadro 4. Como los datos lo revelan, la adición de 0.5% de lisina y 0.1% de triptofano dio una ganancia ponderal de 13.4 kg en el término de 10 semanas, mientras que los cerdos que recibieron solo maíz al mismo nivel proteínico, perdieron 0.2 kg de su peso original en ese mismo lapso. Al suplementar el maíz con harina de soya se obtuvo una ganancia ponderal de 10.2 kg/cerdo con la dieta que contenía 6.7% de proteína; en cambio, esa ganancia fue casi de 40 kg/cerdo/10 semanas cuando la dieta contenía 14.5% de proteína. Estos hallazgos confirman una vez más el mejoramiento que es factible obtener con aminoácidos puros o aún con pequeñas cantidades de un concentrado proteínico capaz de aumentar la cantidad y calidad de la proteína del alimento suplementado.

CUADRO 4

Crecimiento de cerdos jóvenes alimentados con maíz suplementado con aminoácidos o con harina de soya

	Proteína en la dieta %	Ganancia ponderal*, kg				
		Semanas				
		2	4	6	8	10
Maíz solo	8.5	0.2	0.7	0.7	0.3	-0.2
Maíz + 0.5% lis.+ 0.1% trip.	8.3	1.6	3.8	6.5	9.9	13.4
Maíz + harina de soya	6.7	1.0	2.9	4.7	7.5	10.2
Maíz + harina de soya	14.5	3.9	10.4	18.9	28.9	39.6

Cerdos Duroc Jersey/grupo = 8 (4 ♀ y 4 ♂).

* Peso promedio inicial = 7.2 kg.

Después del maíz y del frijol, el arroz ocupa lugar predominante en la dieta de las poblaciones del área centroamericana, y es también un elemento importante en los patrones dietéticos que rigen en otras partes del mundo (57-61).

Los estudios realizados por Kik en 1965 (62) revelaron que la lisina es el primer aminoácido limitante en las proteínas del arroz, ocupando la treonina el segundo lugar en orden de deficiencia. Por otro lado, los estudios de Pecora y Hundley (20) señalan que la lisina y la treonina son igualmente limitantes, y que solamente la adición simultánea de estos dos aminoácidos se traduce en una mejora en el valor nutritivo de las proteínas del arroz. Los estudios de Sure (63) a este mismo respecto indican que es factible obtener una mejora adicional agregando metionina a la dieta de arroz suplementada previamente con lisina y treonina.

El valor biológico de la proteína del arroz es susceptible de mejorar, ya sea suplementándola con los aminoácidos esenciales en los cuales es deficiente (62-65) o bien agregándole otros alimentos que los contengan (66-68). Desde el punto de vista práctico, la adición de alimentos ricos en proteína tiene la ventaja de que este procedimiento permite no sólo corregir tales deficiencias sino incrementar también el contenido proteínico de la dieta.

En el Cuadro 5 se exponen los resultados obtenidos al suplementar el arroz con concentrados proteínicos con el objeto de corregir en este cereal sus deficiencias en aminoácidos esenciales (69). De todos los concentrados que se utilizaron, la caseína demostró ser el mejor suplemento, siguiéndole en orden de eficiencia de suplementación la harina de pescado, la levadura torula y la harina de soya; la harina de algodón y la leche descremada pueden clasificarse dentro de un tercer grupo en lo que a eficiencia de suplementación concierne. En cuanto a la combinación de levadura torula y harina de soya, se determinó que el mejor PER del alimento se obtenía con la adición de 5% de cada uno de estos concentrados.

CUADRO 5

Resultados obtenidos con la suplementación del arroz,
con proteínas de diversas fuentes

Suplemento	Cantidad óptima %	Proteína adicional g	PER*	
			Sin su- plemento	Con su- plemento
Harina de semilla de algodón	12	6	1.87	2.32
Levadura torula	8	4	1.87	3.29
Leche descremada	12	4	1.56	3.16
Harina de soya	8	4	1.56	2.88
Harina de pescado	6	5	1.70	2.70
Caseína	6	5	1.70	3.22
Levadura torula + harina de soya	5	5	1.83	2.81

Tomado de: Elías, L. G., R. Jarquín, R. Bressani, y
C. Albertazzi (69).

* PER = g de aumento de peso/g de proteína consumida.

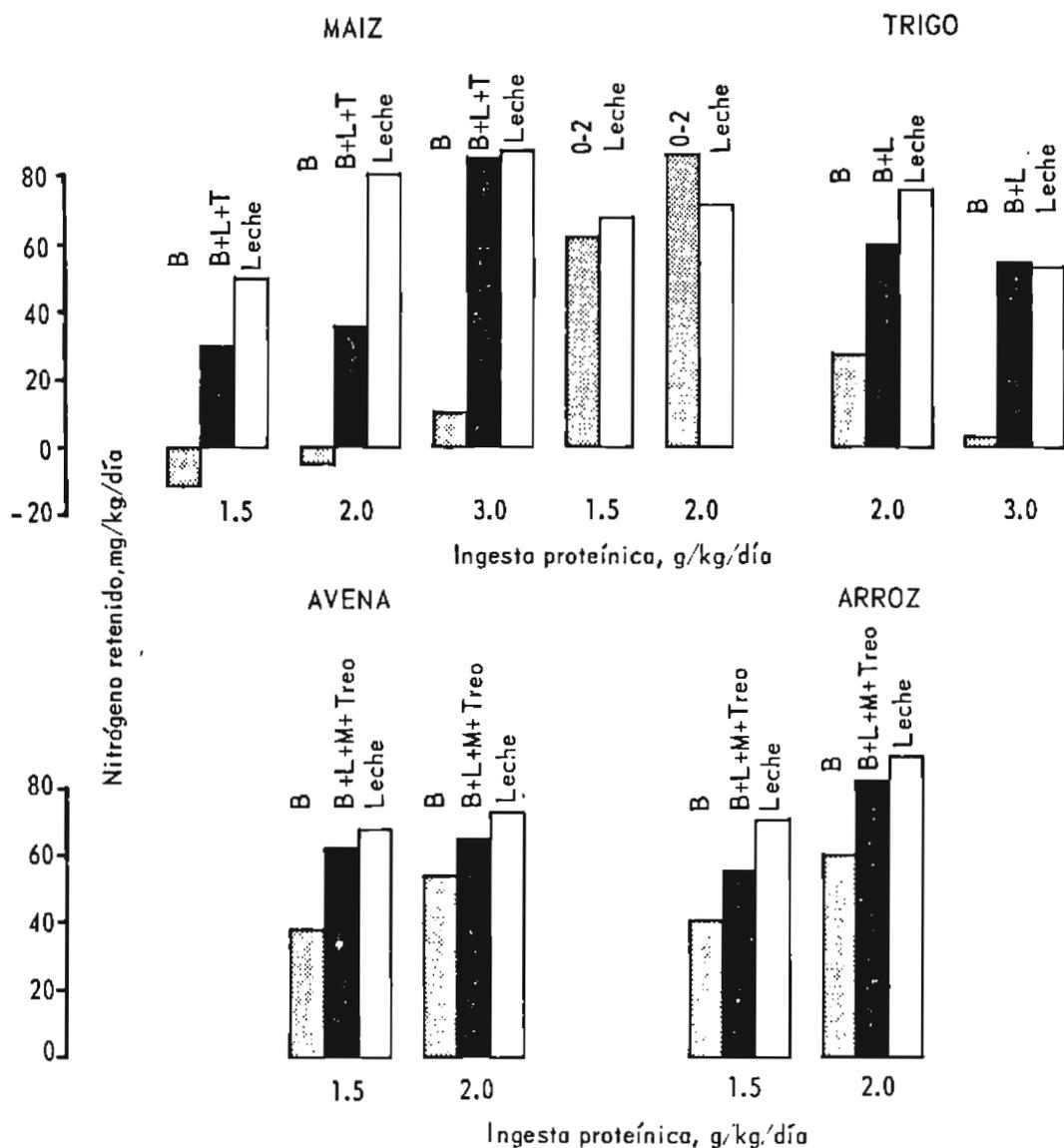
Estudios en Humanos

Con el fin de complementar la información concerniente a las investigaciones en animales expuestas en páginas anteriores, a continuación se presenta un breve resumen de algunos de los trabajos de suplementación de cereales con aminoácidos, realizados en el INCAP en niños hospitalizados y ya totalmente recuperados de desnutrición proteínica (15, 16, 23, 70-72). La Gráfica 1 muestra la retención de nitrógeno de niños alimentados con proteínas de cuatro cereales (maíz, trigo, avena y arroz) sin ninguna suplementación (columna punteada), de los que recibieron la dieta suplementada con los aminoácidos en que ésta era limitante (columna negra), y de aquéllos a quienes se administró leche (columna blanca), que sirvieron como controles.

Según se observa, el maíz corriente respondió favorablemente a la suplementación con 0.5% de lisina, más 0.3% de triptofano, sobre todo cuando se les dio a los niños a una ingesta de 3.0 g de proteína/kg/día. En cambio, el balance nitrogenado fue negativo cuando el maíz no fue suplementado y se administró a niveles de ingesta más bajos.

Las retenciones de nitrógeno obtenidas con el maíz opaco-2 fueron similares a las que produjo la leche, y aún las excedieron a ingestas de 1.5 y 2.0 gramos, respectivamente.

Con respecto al trigo, los resultados obtenidos a ingestas de 2.0 g sugirieron que 61 mg de lisina/g de nitrógeno eran suficientes para incrementar la retención nitrogenada.



GRAFICA 1

Retención de nitrógeno en niños alimentados con proteínas de cereales suplementados con sus aminoácidos limitantes.

A niveles mayores de ingesta se requería más lisina, ya que las respuestas dependían de la relación proteínico-calórica, y en este caso particular las calorías permanecieron constantes, variándose únicamente la ingesta de nitrógeno.

La suplementación de avena con 0.3% de lisina, 0.3% de metionina y 0.2% de treonina mejoró notablemente la retención de nitrógeno a una ingesta de 1.5 g/kg/día. Los valores obtenidos fueron ligeramente inferiores a los de la leche, pero a una ingesta proteínica mayor no se obtuvo una mejora significativa.

Los datos correspondientes al arroz señalan que con el agregado de 0.05% de lisina, 0.1% de metionina y 0.08% de treonina, las retenciones de nitrógeno mejoraron a los dos niveles de ingesta proteínica presentados. Los valores obtenidos para el arroz suplementado fueron ligeramente infe-

riores a los de la leche cuando la ingesta proteínica fue de 2.0 g/kg/ día.

Los trabajos de investigación comentados en los párrafos que anteceden, así como otros notificados en la literatura, demuestran que la suplementación de los cereales con aminoácidos puros o con concentrados proteínicos, mejora notablemente el valor nutritivo de estos alimentos. Sin embargo, todavía subsisten problemas de índole práctica como son el hacer que estos alimentos enriquecidos lleguen a la población y que tengan buena aceptabilidad desde el punto de vista organoléptico, sin producir cambios drásticos en sus hábitos dietéticos y culinarios.

Por el momento el INCAP está investigando la posibilidad de utilizar dos productos para enriquecer el maíz y el arroz. Aun cuando tales trabajos están en sus primeras etapas de desarrollo, pruebas efectuadas a nivel de laboratorio han demostrado ya la factibilidad de esta práctica.

El primero de dichos productos son granos sintéticos de maíz, hechos de caseína, que como puede apreciarse en las Figuras 1 y 2, no se diferencian grandemente de los granos de maíz corriente. Estos granos se incorporan al resto del maíz cocido con cal antes de la molienda a que se somete previo a la elaboración de las tortillas.

El otro producto son granos sintéticos de arroz, cuya apariencia física puede verse en las Figuras 3 a 5. El tiempo de cocción y demás características culinarias tampoco difieren de las correspondientes a los granos naturales.

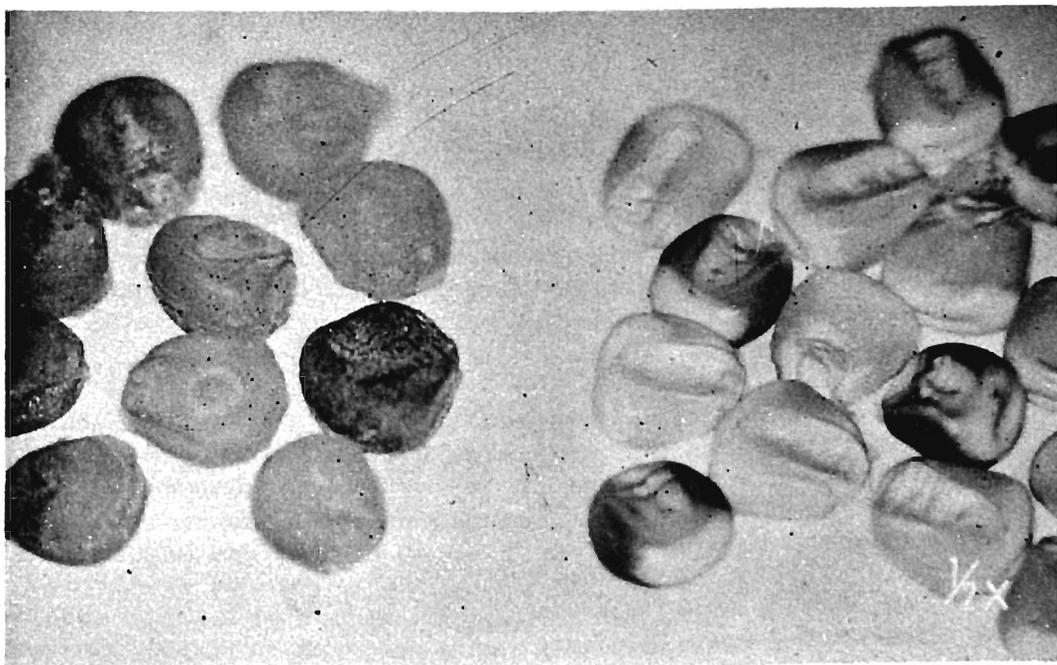


FIGURA 1

Maíz sintético (izquierda) y maíz corriente (derecha).

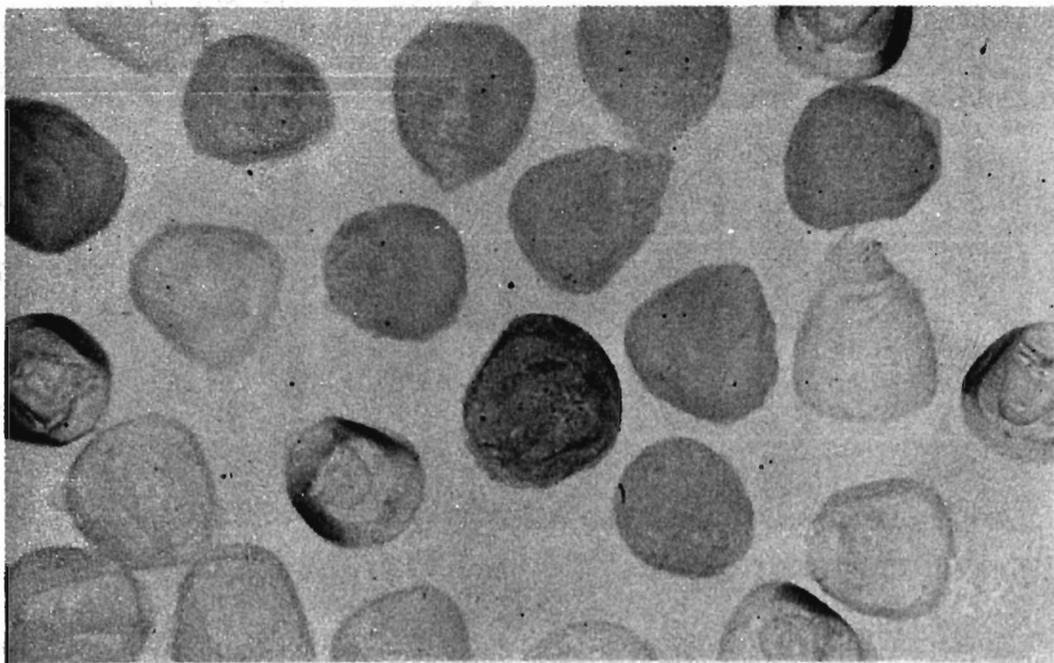


FIGURA 2

Granos de maíz corriente y de maíz sintético, mezclados.

Los resultados de la suplementación del arroz corriente con 1, 2 y 3% de arroz sintético, obtenidos en un estudio con ratas (56), se observan en el Cuadro 6, notándose un incremento de 72% en el PER del arroz común suplementado con 2% de grano sintético. Por último, en la Figura 6 se presentan las mezclas de arroz corriente con 1, 2 y 3% de arroz sintético. Las características físicas de los granos sintéticos de arroz son tan parecidas a las del arroz natural, que a simple vista es difícil distinguir uno de otro.



FIGURA 3

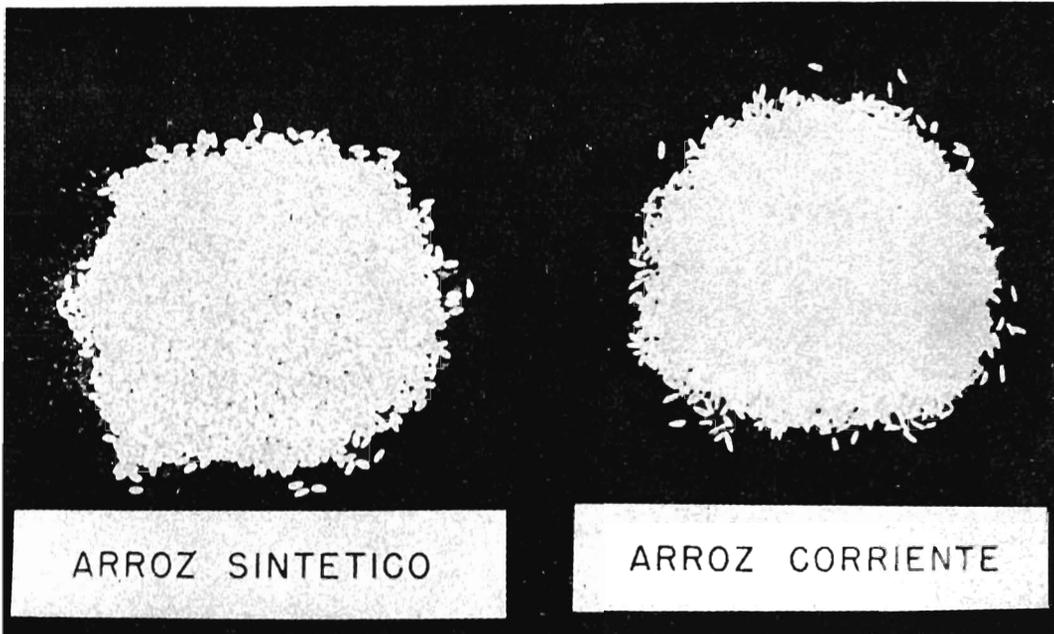


FIGURA 4

CUADRO 6

Resultados de la suplementación del arroz corriente con granos sintéticos

	Proteína en la dieta %	Ganancia ponderal* g	Proteína consumida g	PER**
Arroz	7.2	45	23.18	1.94
Arroz + 1% de suplemento	7.3	86	28.25	3.04
Arroz + 2% de suplemento	7.6	108	32.53	3.32
Arroz + 3% de suplemento	7.7	103	31.26	3.29

* Peso promedio inicial: 45 g.

** PER = g de aumento de peso/g de proteína consumida.

Número de animales/grupo: 8 ratas (4 ♀ y 4 ♂).

Conclusiones

Las evidencias presentadas indican que es factible incrementar el valor nutritivo de los cereales mediante su suplementación con aminoácidos puros o con concentrados proteínicos de origen animal o vegetal. Esta práctica implica muchas ventajas y algunas desventajas, entre las cuales mencionaremos las siguientes en esta oportunidad:



FIGURA 5

Granos de arroz corriente y sintéticos, cocidos.

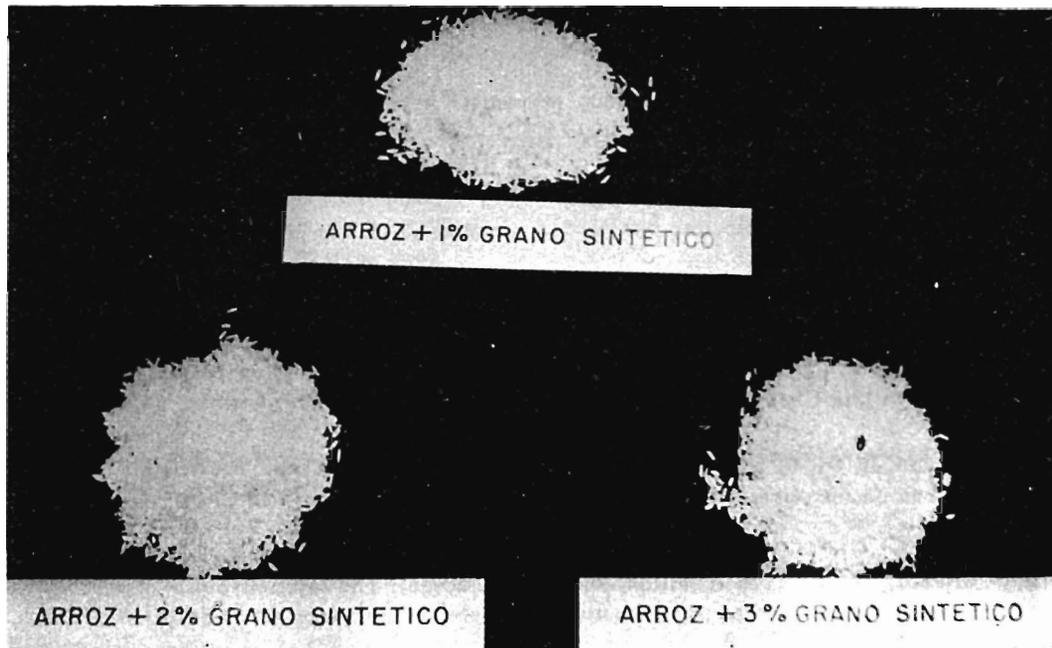


FIGURA 6

Mezcla de 1, 2 y 3% de arroz sintético y corriente.

1. Corrige el patrón deficiente y aumenta la concentración de proteína del alimento suplementado, haciendo que éste pueda ser utilizado más eficientemente por el organismo.

2. Produce cambios mínimos en las propiedades físicas y organolépticas del alimento, lo que permite que los hábitos dietéticos y las preparaciones culinarias no sufran alteraciones drásticas.
3. Incrementa la producción económica de alimentos de alto valor nutritivo a través del uso de subproductos industriales, tales como los residuos de semillas oleaginosas y otras disponibles en cada país.

Como desventaja de esta práctica - si es que puede considerarse como tal - cabe mencionar el hecho de que la preparación de estos productos debe hacerse en escala industrial, ya que obviamente, cuando se trabaja por mejorar el estado nutricional de grandes masas de población, esa preparación no tendría el éxito deseado si se hace a nivel individual. Sin embargo, el uso de granos sintéticos mezclados con granos naturales podría ser una de las formas prácticas de mejorar el estado nutricional de los pueblos de América Latina.

Referencias

1. Béhar, M., F. Viteri, R. Bressani, G. Arroyave, R. L. Squibb, and N. S. Scrimshaw. Principles of treatment and prevention of severe protein malnutrition in children (Kwashiorkor). *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 69:954, 1957-1958.
2. Gómez, F., R. Ramos-Galván, J. Cravioto, and S. Frenk. Prevention and treatment of chronic severe infantile malnutrition (Kwashiorkor). *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 69: 969, 1958.
3. Mirvish, I. Malignant malnutrition: preventive aspects. *S. African Med. J.*, 25: 472, 1951. (c.f. *Nutr. Abstr. Rev.*, 21:724, 1951-52, Abstr. 4023).
4. Scrimshaw, N. S., and M. Béhar. Protein malnutrition in young children. *Science*, 133:2039, 1961.
5. Sénécal, J. The treatment and prevention of kwashiorkor in French West Africa. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 69:916, 1958.
6. Waterlow, J. C., J. Cravioto, and J. M. L. Stephen. Protein malnutrition in man. *Adv. Protein Chem.*, 15:131, 1960.
7. Juliano, B. O., G. M. Bautista, J. C. Lugay, and A. C. Reyes. Rice quality. Studies on the physicochemical properties of rice. *J. Agr. Food Chem.*, 12: 131, 1964.
8. Mitchell, H. H., T. S. Hamilton, and I. R. Beadles. The relationship between the protein content of corn and the nutritional value of the protein. *J. Nutrition*, 48: 461, 1952.
9. Reussner, G., and R. Thiessen. Studies on the protein quality of high-oil, high-protein corn. *J. Nutrition*, 62: 575, 1957.
10. Sauberlich, H. E., W. Y. Chang, and W. D. Salmon. The comparative nutritive value of corn of high and low protein content for growth in the rat and chick. *J. Nutrition*, 51: 623, 1953.
11. Harper, A. E., and H. J. H. de Muelenaere. The nutritive value of cereal proteins with special reference to the availability of amino acids. *Proceedings of the 5th International Congress of Biochemistry*, 8: 82-107, 1963.

12. Scrimshaw, N. S., and M. Béhar. Malnutrition in underdeveloped countries. *New Engl. J. Med.*, 272:137, 193, 1965.
13. Benton, D. A., A. E. Harper, and C. A. Elvehjem. Effect of isoleucine supplementation on the growth of rats fed zein or corn diets. *Arch. Biochem. Biophys.*, 57:13, 1955.
14. Bressani, R. The effect of amino acid imbalance on nitrogen retention. II. Interrelationships between methionine, valine, isoleucine and threonine as supplements to corn protein for dogs. *J. Nutrition*, 79:389, 1963.
15. Bressani, R., N. S. Scrimshaw, M. Béhar, and F. Viteri. 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, 1958.
16. Scrimshaw, N. S., R. Bressani, M. Béhar, and F. Viteri. Supplementation of cereal proteins with amino acids. I. Effect of amino acid supplementation of corn-masa at high levels of protein intake on the nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 66:485, 1958.
17. Bressani, R., and E. T. Mertz. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. *Cereal Chem.*, 35:227, 1958.
18. Flodin, N. W. Amino acids and proteins. Their place in human nutrition problems. *J. Agr. Food Chem.*, 1:222, 1953.
19. Sauberlich, H. E., W. Y. Chang, and W. D. Salmon. The amino acid and protein content of corn as related to variety and nitrogen fertilization. *J. Nutrition*, 51:241, 1953.
20. Pecora, L. J., and J. M. Hundley. Nutritional improvement of white polished rice by the addition of lysine and threonine. *J. Nutrition*, 44:101, 1951.
21. Rosenberg, H. R., and R. Culik. The improvement of the protein quality of white rice by lysine supplementation. *J. Nutrition*, 63:477, 1957.
22. Rosenberg, H. R., R. Culik, and R. E. Eckert. Lysine and threonine supplementation of rice. *J. Nutrition*, 69:217, 1959.
23. Bressani, R., D. L. Wilson, M. Béhar, and N. S. Scrimshaw. 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, 1960.
24. Hegsted, D. M., M. F. Trulson, and F. J. Stare. Role of wheat and wheat products in human nutrition. *Physiol. Rev.*, 34:221, 1954.
25. Jansen, G. R. Lysine in human nutrition. *J. Nutrition*, 76:(Suppl. 1, part II): 35, 1962.
26. Bressani, R., L. G. Elías, and A. T. Valiente. Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Brit. J. Nutr.*, 17:69, 1963.
27. Leverton, R. M., and D. Steel. Nitrogen balances of young women fed the FAO reference pattern of amino acids and the oat pattern. *J. Nutrition*, 78:10, 1962.
28. Tang, J. J. N., L. L. Laudick, and D. A. Benton. Studies of amino acid supplementation and amino acid availability with oats. *J. Nutrition*, 66:533, 1958.
29. Bressani, R., L. G. Elías, M. Santos, D. A. Navarrete y N. S. Scrimshaw. El contenido de nitrógeno y de aminoácidos esenciales de diversas selecciones de maíz. *Arch. Venezol. Nutr.*, 10:85, 1960.

30. Mertz, E. T., L. S. Bates, and E. Nelson. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145:279, 1964.
31. Mertz, E. T., O. A. Veron, L. S. Bates, and O. Nelson. Growth of rats fed on Opaque-2 maize. *Science*, 148:1741, 1965.
32. Brown, W. D. Conocimientos actuales de nutrición proteica. En: *Conocimientos Actuales en Nutrición*. 3a. ed. (Capítulo II). Traducción autorizada de *Present Knowledge in Nutrition*, 3rd ed. New York, The Nutrition Foundation, Inc., 1967. Guatemala, C. A., Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), 1969, p. 7-13.
33. King, K. W., W. H. Sebrell, Jr., E. L. Severinghaus, W. O. Storvick, with the cooperation of J. Bernadotte, H. Delva, W. Fougere, J. Foucald, and F. Vital. Lysine fortification of wheat bread fed to Haitian school children. *Am. J. Clin. Nutr.*, 12: 36, 1963.
34. Light, R. F., and C. N. Frey. The nutritive value of white and whole wheat breads. *Cereal Chem.*, 20:645, 1943.
35. Sure, B. Influence of lysine, valine and threonine additions on the efficiency of the proteins of whole wheat. *Arch. Biochem. Biophys.* 39:463, 1952.
36. Jarquín, R., P. Noriega, y R. Bressani. Enriquecimiento de harinas de trigo, blanca e integral, con suplementos de origen animal y vegetal. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 16: 89, 1966.
37. Hutchinson, J. B., T. Moran, and J. Pace. The nutritive value of bread protein as influenced by the level of protein intake, the level of supplementation with L-lysine and L-threonine, and the addition of egg and milk proteins. *Brit. J. Nutr.*, 13:151, 1953.
38. Moran, T. Nutritional significance of recent work on wheat, flour and bread. *Nutr. Abstr. Rev.*, 29:1, 1959.
39. Block, R. J., and H.H. Mitchell. The correlation of the amino-acid composition of proteins with their nutritive value. *Nutr. Abstr. Rev.*, 16:249, 1946-47.
40. Campbell, J. A. *Methodology of Protein Evaluation. A Critical Appraisal of Methods for Evaluation of Protein in Foods*. Beirut, Lebanon, American University of Beirut, 1963. (Publication No. 21).
41. Flores, M., y E. Reh. Estudios de hábitos dietéticos en poblaciones de Guatemala. II. Santo Domingo Xenacoj. En: *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 129-148.
42. Bressani, R., and N. S. Scrimshaw. Lime-heat effects on corn nutrients. Effect of lime-treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn. *J. Agr. Food Chem.*, 6:774, 1958.
43. Bressani, R., R. Paz y Paz, and N. S. Scrimshaw. Corn nutrient losses. Chemical changes in corn during preparation of tortillas. *J. Agr. Food Chem.*, 6:770, 1958.
44. Kodicek, E. The availability of bound nicotinic acid to the rat. 2. The effect of treating maize and other materials with sodium hydroxide. *Brit. J. Nutr.*, 14:13, 1960.
45. Kodicek, E., R. Braude, S. K. Kon, and K. G. Mitchell. The effect of alkaline hydrolysis of maize on the availability of its nicotinic acid to the pig. *Brit. J. Nutr.*, 10:51, 1956.

46. Sure, B. Protein efficiency: improvement in whole yellow corn with lysine, tryptophan and threonine. *J. Agr. Food Chem.*, 1: 626, 1953.
47. Hogan, A. G., G. T. Gillespie, O. Kocturk, B. L. O'Dell, and L. M. Flynn. The percentage of protein in corn and its nutritional properties. *J. Nutrition*, 57: 225, 1955.
48. Gillespie, G. T., L. M. Flynn, B. L. O'Dell, and A. G. Hogan. Nicotinic acid, lysine, tryptophan and threonine as supplements to high-protein corn. *Missouri Agric. Expt. Station Res. Bull.* 679, 1958.
49. Hogan, A. G. Corn as a source of protein and ash for growing animals. *J. Biol. Chem.*, 29: 485, 1917.
50. Kocturk, O. N., L. M. Flynn, B. L. O'Dell, and A. G. Hogan. Nicotinic acid, lysine, and tryptophan as supplements to low-protein corn. *Missouri Agric. Expt. Station Res. Bull.* 678, 1958.
51. Mitchell, H. H., T. S. Hamilton, and J. R. Beadles. The relationship between the protein content of corn and the nutritional value of the protein. *J. Nutrition*, 48: 461, 1952.
52. Pearson, W. N., S. J. Stempfel, J. S. Valenzuela, M. H. Utley, and W. J. Darby. The influence of cooked vs raw maize on the growth of rats receiving a 9% casein ration. *J. Nutrition*, 62: 445, 1957.
53. Bressani, R., R. A. Gómez Brenes and N. S. Scrimshaw. Effect of processing on distribution and *in vitro* availability of niacin of corn (*Zea mays*). *Food Technol.*, 15: 450, 1961.
54. Bressani, R., L. G. Elías, y J. E. Braham. Suplementación con aminoácidos, del maíz y de la tortilla. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18: 123, 1968.
55. Bressani, R., and E. Marengo. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamins. *J. Agr. Food Chem.*, 11: 517, 1963.
56. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos. Datos no publicados.
57. Castillo, A. S., y M. Flores. Estudios dietéticos en El Salvador. II. Cantón Plataniillos, Municipio de Quetzaltepeque, Departamento de la Libertad. *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 54.
58. Flores, M., y E. Reh. Estudios de hábitos dietéticos en poblaciones de Guatemala. I. Magdalena Milpas Altas. *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 90.
59. Reh, R., y C. Fernández. Condiciones de vida y de alimentación de cuatro grupos de población de la zona central de Costa Rica. *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 66.
60. Sogandares, L., y G. de Barrios. Estudios dietéticos en Panamá. I. La Mesa, Provincia de Veraguas. *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá", 1955, p. 38.
61. Beachell, H. M. Rice. In: *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. (Chapter 7), Matz, S. A. (ed.). Westport, Conn., The AVI Publishing Co. Inc., 1959, p. 137-176.

62. Kik, M. C. Nutritional improvement of rice diets and effect of rice on nutritive value of other foodstuffs. *Arkansas Agric. Expt. Station Bull.* 698, 1965.
63. Sure, B. Effect of amino acid and vitamin B₁₂ supplements on the biologic value of proteins in rice and wheat. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 31:1232, 1955.
64. Harper, A. E., M. E. Winje, D. A. Benton, and C. A. Elvehjem. Effect of amino acid supplements on growth and fat deposition in the livers of rats fed polished rice. *J. Nutrition*, 56:187, 1955.
65. Kik, M. C. Nutritional improvement of rice. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 32:647, 1956.
66. Kik, M. C. Rice protein supplementation. Further studies on the nutritional improvement of rice. *J. Agr. Food Chem.*, 8:380, 1960.
67. Sure, B. Relative supplementary values of dried food yeast, soybean flours, peanut meal, dried non-fat milk solids, and dried buttermilk, to the proteins in milled white corn meal and milled enriched wheat flour. *J. Nutrition*, 36:65, 1948.
68. Sure, B. The addition of small amounts of defatted fish flour to milled wheat flour, corn meal and rice. Influence on growth and protein efficiency. *J. Nutrition*, 61:547, 1957.
69. Elías, L. G., R. Jarquín, R. Bressani, y C. Albertazzi. Suplementación del arroz con concentrados proteicos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18:27, 1968.
70. Bressani, R., D. Wilson, M. Béhar, M. Chung, and N. S. Scrimshaw. 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 and absence of other amino acids. *J. Nutrition*, 79:333, 1963.
71. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar, and N. S. Scrimshaw. 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, 1963.
72. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar, and N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. VI. Effect of amino acid supplementation of rolled oats as measured by nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 81:399, 1963.