

## UTILIZACION DE SUBPRODUCTOS DE TRIGO Y DE MAIZ EN LA ELABORACION DE ALIMENTOS RICOS EN PROTEINA

Lic. Luiz G. Elías

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá

Guatemala, C. A.

Es un hecho reconocido y ampliamente divulgado que una de las causas de la baja disponibilidad de alimentos en los países en vías de desarrollo, es la utilización deficiente de los recursos naturales de que disponen. Si bien es cierto que en parte ello se debe a la falta de investigación básica de estos recursos, el desarrollo insuficiente de una tecnología apropiada que permita la aplicación de tales conocimientos, es otro de los factores responsables. Entre los recursos potenciales los derivados de la industria de los cereales ofrecen grandes posibilidades de utilización en la alimentación humana y animal, siempre y cuando se estudien a fondo sus características químico-nutricionales.

Uno de los problemas más serios que presenta el aprovechamiento de tales productos es, primero, la variabilidad en su valor químico-nutricional, y segundo, el uso de distinta terminología en las diferentes regiones. Ello se debe a varios factores, y entre éstos el más importante es la falta de una utilización sistemática y eficiente de los productos, lo que, a su vez, obstaculiza un estímulo efectivo de las industrias harineras hacia el control de calidad y estandarización de estos materiales.

Entre los subproductos a tratar en este trabajo, abordaremos en primer término los derivados del maíz. Estos han sido ya objeto de numerosos estudios, por lo que sus características químico-nutricionales se encuentran bastante bien definidas. Es posible que las múltiples investigaciones al respecto se deban al hecho de que, comparado con el trigo, en nuestros países el maíz tiene mayor demanda, tanto para consumo humano como para la alimentación animal. En verdad, podríamos afirmar que existe cierta competencia entre el hombre y el animal en cuanto a su consumo, lo que sitúa al maíz en una posición delicada en la economía agrícola, siendo éste muchas veces uno de los factores que contribuyen a disminuir su disponibilidad para los pobladores del área. En el caso del trigo la situación es bastante diferente en este sentido, ya que en su mayoría la demanda concierne a la harina para consumo humano.

Los subproductos derivados del procesamiento del grano se destinan casi en su totalidad a la elaboración de concentrados para animales, siendo su consumo por parte del hombre relativamente bajo. En efecto, algunos investigadores (1, 2) se oponen a que estos materiales reciban la denominación comercial de subproductos, cuando la verdad es que desde el punto de vista de su valor nutritivo, son superiores al considerado como producto principal, en este caso la harina. Asimismo, ciertos autores (3) han enfocado la disponibilidad de estos recursos desde un ángulo económico-nutricional, indicando que solamente en los Estados Unidos de América se producen anualmente alrededor de 5 millones de toneladas de

subproductos de la molienda de trigo, que contienen alrededor de 800,000 toneladas de proteína de buena calidad. La recuperación de 30% de estos subproductos suministraría material suficiente para alimentar diariamente a todos los habitantes de la ciudad de Nueva York por el término de un año. Si se considera la producción mundial de este material, la cantidad adicional de proteínas que podría obtenerse de esta fuente es realmente impresionante. A pesar de que en términos generales la producción de trigo en nuestros países no se hace en gran escala, los subproductos derivados de la molienda de este cereal alcanzan ya cifras apreciables.

El propósito de este trabajo es comentar las características químico-nutricionales de algunos subproductos derivados del maíz y del trigo, y su efecto suplementario al utilizarse con otras fuentes de proteína de uso común.

Desde el punto de vista tecnológico, el procesamiento de los cereales para la preparación de harinas y sus subproductos es un proceso físico que se basa en la configuración anatómica del grano. En términos muy generales, éste está formado de 3 partes principales: una capa protectora, el endospermo, y el germen.

En el caso de la industria harinera, el propósito primordial del proceso a que se somete el grano es separar el endospermo de las otras fracciones anatómicas, que, a su vez, son las que constituirán los diferentes subproductos.

Refiriéndonos al maíz, por ejemplo, el gluten es el derivado del grano que resulta de la eliminación de la cáscara, la fibra, el germen y la mayor parte del almidón. La torta del germen de maíz, en cambio, es el producto que queda después de someter a dicho germen al proceso de prensa requerido para extraer parte del aceite.

La composición química del maíz y de algunos subproductos se describe en el Cuadro 1. Según indican los datos, de todos los nutrientes analizados, el contenido de proteína total es más alto en el gluten y en el germen que en el propio grano. En cambio, el germen contiene mayores cantidades de fibra cruda y ceniza que el gluten. Brevemente, el proceso de refinamiento hace que los carbohidratos se separen de las proteínas, lo que trae como consecuencia que los subproductos tengan un mayor contenido proteínico que el grano entero.

El Cuadro 2 constituye un resumen de los productos que se obtienen de la molienda del trigo. Como los datos lo revelan, el rendimiento de la harina de trigo es de alrededor de 70%, y la suma de los subproductos, 30%, como sigue: 14% afrecho, 14% granillo y 2% germen. Estos datos son valores aproximados y representan de manera general, los rendimientos factibles de obtener. En el Cuadro 3 se muestran con mayor detalle los resultados correspondientes a esos mismos subproductos.

El afrecho consiste casi enteramente de las capas externas del grano; el granillo puede dividirse en dos tipos: granillo blanco, que está formado principalmente por la capa

CUADRO 1

Composición química del maíz y de algunos de sus subproductos (expresada en g/100 g)

Nutrientes	Grano entero	Gluten	Germen
Humedad	10.6	11.9	8.7
Extracto etéreo	4.3	7.1	5.5
Proteína	9.4	17.1	15.4
Fibra cruda	1.8	2.1	6.5
Cenizas	1.3	1.1	6.8
Carbohidratos*	72.6	60.7	57.1

\* Calculados por diferencia.

CUADRO 2

Productos de la molienda del trigo\*

<u>Producto principal</u>	<u>% de rendimiento</u>
Harina de trigo	70
<u>Subproductos</u>	
Afrecho	14
Granillo	14
Germen	2

\* Datos tomados de: Matz, A. S. *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. Westport, Conn., The Avi Publishing Co., Inc., 1959, 732 p.

aleurónica del grano, con pequeñas partículas de afrecho, de germen y de harina; y granillo oscuro, que lo forman partículas finas del afrecho y germen, con muy poco granillo blanco. El último subproducto mencionado está constituido por el propio germen del grano.

Los datos en el Cuadro 4 conciernen a la composición química de la harina de trigo y de algunos subproductos derivados de la molienda del grano. De manera similar al maíz, puede decirse que los diferentes subproductos tienen una mayor concentración de proteínas que la harina de trigo. La grasa alcanza niveles más altos en el germen y en el granillo oscuro. En comparación con los demás subproductos, el contenido de fibra cruda es relativamente mayor en el granillo oscuro.

El contenido de lisina, triptofano y metionina de algunos subproductos del maíz y del trigo, expresado en gramos por 16 g de nitrógeno, se presenta en el Cuadro 5, comparado con el del maíz

## CUADRO 3

## Productos de la molienda del trigo\*

<u>Producto principal</u>	<u>% de rendimiento</u>
Harina de trigo	72.98
<u>Subproductos</u>	
Afrecho	16.86
Granillo oscuro	6.94
Granillo blanco	2.53
Germen	0.69
Total de subproductos	27.02
Total de productos	100.00

\* Datos tomados de: Farrell, E. P., A. Ward, G. D. Miller, and L. A. Lovett. Extensive analyses of flours and mill-feeds made from nine different wheat mixes. I. Amounts and analyses. *Cereal Chem.*, 44: 39, 1967.

## CUADRO 4

## Composición química de la harina de trigo y de algunos de sus subproductos (expresada en g/100 g)

	Harina de trigo*	Germen	<u>Granillo</u>	
			Blanco	Oscuro
Humedad	12.0	11.8	12.7	12.2
Extracto etéreo	1.0	8.2	3.9	6.5
Proteína	9.7	25.4	16.0	19.0
Fibra cruda	0.4	3.3	3.6	7.7
Cenizas	0.4	3.8	2.3	4.1
Carbohidratos**	76.5	47.5	61.5	50.5

\* De primera, aproximadamente 72% de extracción.

\*\* Calculados por diferencia.

La concentración de estos aminoácidos (lisina, triptofano y metionina) es importante, ya que en general los cereales son limitantes en uno o en dos de ellos. La lisina, por ejemplo, es el aminoácido limitante en el trigo (4-7), arroz (8-11), sorgo (12, 13) y avena (14-16); la lisina y el triptofano lo son en el maíz (17-19), y la metionina en las leguminosas (20-23) y en algunas semillas oleaginosas (24-27).

Según los datos expuestos (Cuadro 5), a excepción del granillo de trigo blanco, tanto los subproductos del maíz como los del trigo contienen cantidades más altas de lisina y triptofano que el maíz y la harina de trigo, respectivamente. Es de interés llamar la atención hacia el contenido relativamente alto de lisina del granillo de trigo oscuro, comparado con el maíz y la harina de trigo, ya que desde el punto de

vista económico este subproducto tiene mejores posibilidades de uso que el germen, debido a los mayores rendimientos que, según se indicó, es factible obtener de la molienda del grano.

#### CUADRO 5

Contenido de lisina, triptofano y metionina en algunos de los subproductos del maíz y del trigo (expresado en g de aminoácido/16 g de N)

Material	Lisina	Triptofano	Metionina
Maíz*	3.60	0.62	1.92
Germen de maíz*	5.46	0.99	1.60
Harina de trigo**	2.32	1.01	1.85
Granillo de trigo (blanco)**	3.15	1.25	1.70
Granillo de trigo (oscuro)**	4.34	1.29	1.62
Germen de trigo**	5.28	0.98	1.91

\* Datos tomados de: Orr, M. L., and B. K. Watt (1).

\*\* Datos tomados de: Hepburn, F. N., W. K. Calhoun, and W. B. Bradley (38).

En cuanto al contenido de metionina, éste es relativamente bajo y prácticamente igual en todos los productos y subproductos.

El valor nutritivo de estos últimos fue evaluado en ratas (Cuadro 6) aplicando el método de eficiencia proteínica. Como se observa, el germen de trigo y el de maíz acusaron los mejores índices de eficiencia proteínica (PER), mientras que el granillo de trigo blanco presentó el valor más bajo. De nuevo cabe señalar el PER obtenido con el granillo de trigo oscuro, que fue 2.26, comparado con 2.61 y 2.67 para el germen de trigo y el de maíz, respectivamente.

#### CUADRO 6

Valor nutritivo de algunos de los subproductos del trigo y del maíz

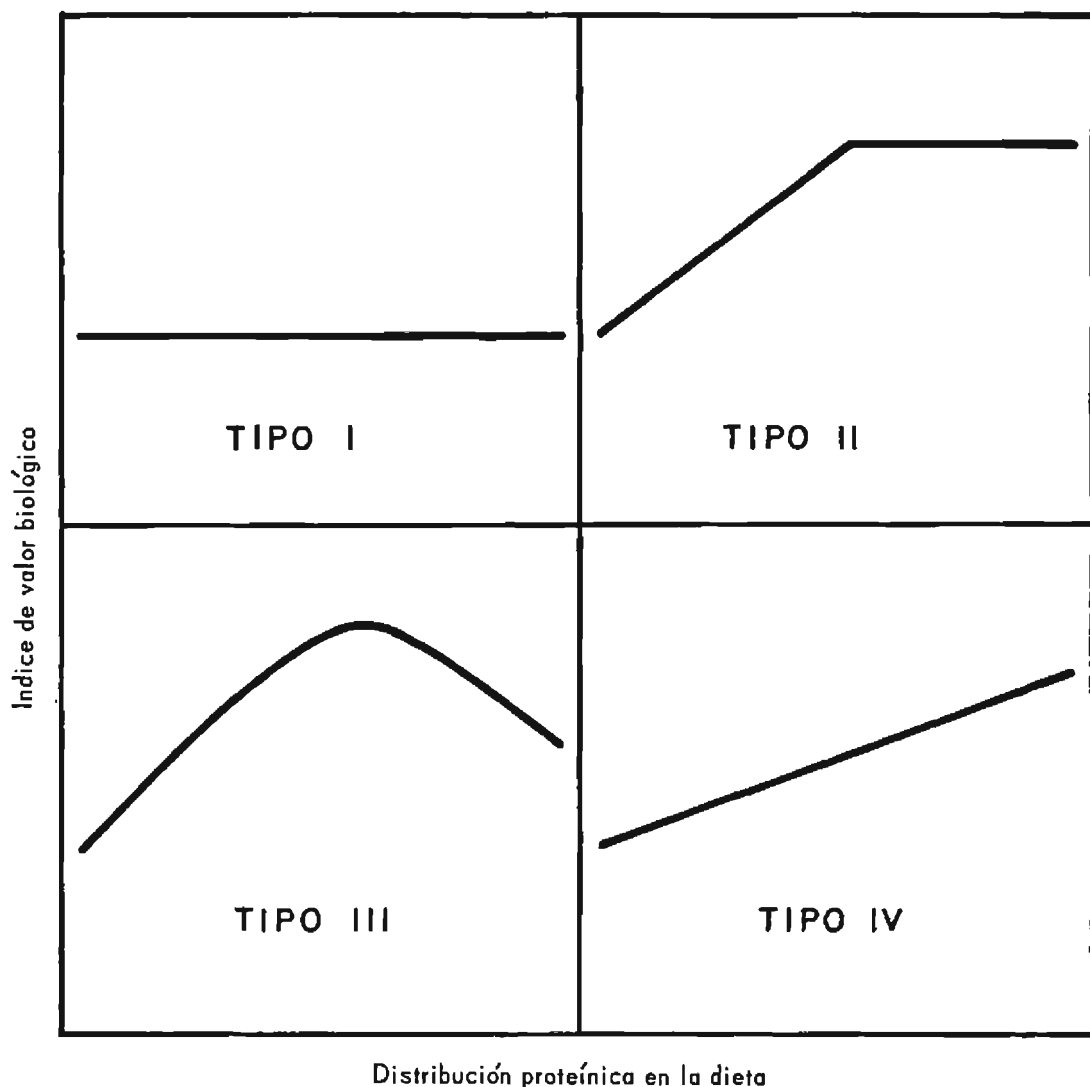
Dieta	Proteína en dietas %	Ganancia ponderal* g/28 días	PER**
Granillo blanco (T)	11.9	34	0.96
Granillo oscuro (T)	11.5	116	2.26
Germen de trigo	9.1	91	2.61
Germen de maíz	11.1	120	2.67
Caseína	10.1	123	2.93

\* Número de animales por grupo: 8 ratas.

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

Según se sabe, la deficiencia en aminoácidos de una proteína puede corregirse no sólo con el agregado de aminoácidos sintéticos, sino también combinando dos o más proteínas capaces de complementarse mutuamente (28). Esta metodología se usó en algunos casos en el trabajo aquí descrito, para evaluar el efecto complementario de ciertos subproductos de los cereales con otras fuentes de proteínas.

La Gráfica 1 muestra los cuatro tipos de respuesta que pueden obtenerse al mezclar dos o más proteínas de diferentes clases. El tipo I resulta de la combinación de dos o más proteínas de contenido proteínico diferente, pero de valor biológico similar; en este caso cualquiera de las combinaciones tendrá un valor biológico igual al de cada uno de los componentes. El segundo tipo de respuesta se caracteriza por el hecho de obtenerse - a determinado punto de la combinación - una mejoría en el valor biológico de la proteína. Esta será igual al valor nutritivo del componente de mayor concentración proteínica.



GRAFICA 1

*Líneas teóricas representativas de cuatro tipos de combinaciones proteínicas.*

Cuando el valor nutritivo de las combinaciones es superior al valor biológico de cada uno de los componentes considerados individualmente, se obtiene una verdadera complementación, que en la Gráfica se representa en la curva tipo III. El último y cuarto tipo de respuesta es aquél en que el valor biológico de las combinaciones es intermediario entre el valor proteínico de los componentes, dependiendo de las proporciones en que se mezclan.

Aun cuando todavía no se ha estudiado en detalle los fundamentos en que se basan estos cuatro tipos de respuesta, se cree que ello se debe principalmente al contenido y a la disponibilidad de los aminoácidos que forman las diferentes proteínas.

En el Cuadro 7 se aprecian los resultados obtenidos al complementar las proteínas del germen de maíz y del algodón. Para este propósito se prepara una serie de dietas isoproteínicas, usualmente a un nivel de 10 g% de proteína; en una de las dietas el contenido total de nitrógeno proviene exclusivamente de la primera proteína, y en la otra de la segunda. En las demás dietas, el contenido de nitrógeno de la primera proteína se reemplaza progresivamente por el de la segunda, obteniéndose de esta manera una serie de combinaciones con ambas proteínas. Con base en la mejor combinación, evaluada mediante pruebas biológicas - en este caso, en ratas - el contenido proteínico de la mezcla puede elevarse aumentando la concentración de los componentes, pero siempre en la misma relación. Refiriéndonos específicamente a la complementación entre el germen de maíz y el algodón, se observa una mejora apreciable en la ganancia ponderal y en el PER a medida que las proteínas del algodón se reemplazan por las del germen de maíz. Estos resultados pueden explicarse a partir del contenido de aminoácidos de las dos proteínas combinadas; el germen de maíz suministra la lisina, que es el aminoácido que ocupa el primer lugar como deficiente en las proteínas del algodón (29-33); sin embargo, el contenido de metionina de las proteínas del algodón no basta para corregir esta deficiencia del germen de maíz (34). Desde el punto de vista práctico, lo importante de tener en cuenta es que la asociación de estas dos proteínas resulta benéfica para uno de los componentes, en este caso, para el algodón.

El otro subproducto mencionado, es decir, el gluten de maíz, es notoriamente deficiente en los aminoácidos lisina y triptofano (34); por este motivo su aplicación corresponde principalmente a la industria de concentrados y otras áreas de la tecnología de alimentos.

Seguidamente tratamos de evaluar desde el punto de vista nutricional los subproductos de la molienda del trigo procedentes de países del área centroamericana. El Cuadro 8 muestra los datos obtenidos al suplementar el germen de trigo con metionina y triptofano. Según se aprecia, la metionina es el aminoácido limitante que ocupa el primer lugar en las proteínas del germen, hallazgo que confirma los resultados de otros investigadores (35-38).

## Complementación de las proteínas del germen de maíz y de la semilla de algodón

Ingredientes	Dietas Nos.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Harina de semilla de algodón, %	20.00	16.00	12.00	10.00	8.00	6.00	4.00	-
Germen de maíz, %	-	63.00	50.50	44.00	37.80	31.40	25.20	12.60
% de distribución proteínica en la dieta:								
Proveniente de la semilla de algodón	100	80	60	50	40	30	20	0
Proveniente del germen de maíz	0	20	40	50	60	70	80	100
Proteína en la dieta, %	11.9	11.0	10.1	10.2	10.7	11.6	11.2	11.1
Ganancia ponderal, * g	61	81	103	107	106	111	118	120
PER**	1.77	2.06	2.29	2.34	2.39	2.49	2.48	2.67

\* Peso inicial: 45 g.

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



## CUADRO 8

Suplementación del germen de trigo con aminoácidos (10% de proteína en las dietas)

Aminoácido agregado a la dieta basal g%	Ganancia ponderal* g/28 días	PER**
Ninguno	140	3.25
DL-metionina, 0.100	158	3.54
DL-triptofano, 0.075	136	3.08
DL-metionina, 0.100 + DL-triptofano, 0.075	154	3.48
Caseína (control)	127	2.89

\* Peso inicial: 45 g.

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

A pesar de que el valor nutritivo del germen de trigo es relativamente alto, existen informes en la literatura (39) indicativos de que un tratamiento adecuado por calor, ya sea seco o húmedo, aumenta la utilización de las proteínas de este subproducto cuando se usa para la alimentación de pollos. El efecto benéfico del calor ha sido atribuido a la destrucción de ciertos factores antitripsicos y hemaglutinantes, o bien a una mejoría en el sabor del material. A pesar de que en nuestro estudio usamos ratas como animales de prueba, nos pareció interesante determinar si el valor nutritivo del germen de trigo mejoraba o no con la tostación o con la cocción a presión. Los datos a este respecto (Cuadro 9) indican que en las condiciones en que se llevó a cabo este experimento, la tostación redujo el valor nutritivo del germen, posiblemente debido a las altas temperaturas que requiere ese proceso, induciendo así un descenso en el contenido de lisina disponible. La cocción a presión, en el autoclave, durante 15 minutos, sugiere una mejoría en el sabor del producto, el cual se refleja en un mayor incremento ponderal de los animales, en comparación con los resultados que se obtuvieron con el germen de trigo crudo.

A pesar de que estos hallazgos no pueden compararse directamente con los notificados en la literatura, a causa de diferencias en la clase de animales de experimentación usados, la posibilidad de que la cocción mejora el sabor del producto, amerita consideración.

El efecto de la adición de varios aminoácidos sobre el valor nutritivo del granillo de trigo blanco (40), se observa en el Cuadro 10. En este caso, el agregado individual de metionina o de metionina con treonina no mejoró el valor nutritivo del granillo blanco; sin embargo, en contraste con el

granillo no suplementado, la adición de metionina más lisina sí mejoró significativamente la ganancia en peso y el PER. El agregado de treonina y triptofano a la dieta ya suplementada con lisina y metionina, produjo una mejora adicional.

#### CUADRO 9

Efecto de la tostación y de la cocción a presión en el autoclave, sobre el valor nutritivo del germen de trigo (10% de proteína en las dietas)

Tratamiento	Ganancia ponderal* g/28 días	PER**
Crudo	141	3.23
Tostado*** 15'	121	2.42
Tostado 20'	78	1.98
Autoclaveado+ 15'	157	2.87
Autoclaveado 30'	151	2.73
Autoclaveado 45'	149	2.87
Autoclaveado 60'	148	2.79
Caseína (control)	123	2.93

\* Peso inicial: 45 g.

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

\*\*\* A la temperatura de 115 - 150° C.

+ A la temperatura de 121° C y a 16 libras de presión.

No obstante el hecho de que no se agregó lisina aisladamente, puede concluirse con bastante certeza que éste es el aminoácido que ocupa el primer lugar como deficiente en las proteínas del granillo blanco.

Siendo la lisina el primer aminoácido limitante, es obvio que este subproducto tiene que ser utilizado con otra proteína que se considere buena fuente de dicho aminoácido. Efectivamente, los resultados que se muestran en la Gráfica 2 indican que las proteínas de la soya combinadas con las del granillo de trigo blanco se complementan mutuamente.

El punto óptimo de complementación se verifica cuando de 50 a 40% de las proteínas provienen del granillo, y de 50 a 60% de la soya. En términos de peso esta proporción corresponde a 27 - 33 gramos de granillo, y de 15 a 13 gramos de soya.

En este caso, el PER de cualquiera de las distintas combinaciones sobrepasa los valores obtenidos para las dos proteínas usadas aisladamente, proporcionando así un ejemplo de lo que es la verdadera complementación, según lo ilustra la curva tipo III.

A pesar de que, como ya se mencionó, el valor nutritivo del granillo oscuro es relativamente alto, se juzgó de inte-

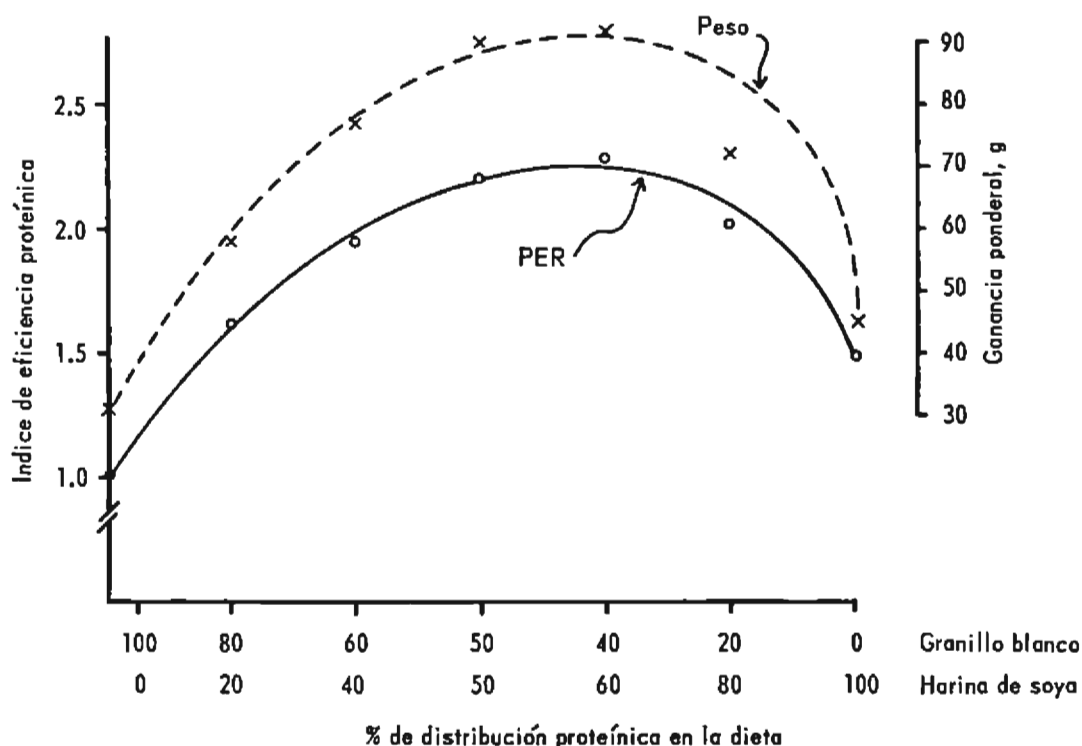
Suplementación del granillo de trigo blanco con  
aminoácidos (10% de proteína en las dietas)

Aminoácido agregado a la dieta basal* g%	Ganancia ponderal** g/28 días	PER***
Ninguno	33	0.96
DL-metionina	28	0.99
DL-metionina + DL-treonina	31	1.08
DL-metionina + L-lisina HCl	85	1.95
DL-metionina + L-lisina HCl + DL-treonina + DL- triptofano	90	2.20
Caseína (control)	110	2.73

\* Se adicionó 0.2 g% de cada aminoácido, excepto el DL-triptofano que se agregó al nivel de 0.1 g%.

\*\* Peso inicial: 45 g.

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



GRAFICA 2

Complementación de las proteínas del granillo de trigo blanco y de la harina de soja  
(cocida, sin desgrasar).

terés establecer sus posibles deficiencias en aminoácidos esenciales (40). Los resultados que se resumen en el Cuadro 11 sugieren quede los cuatro aminoácidos agregados individualmente, solo la metionina indujo una ligera mejoría en ganancia ponderal y en PER, en contraste con el granillo sin el agregado de este aminoácido; estos dos parámetros aumentaron posteriormente al agregar lisina ; treonina y metionina juntos. Los resultados a que se alude y otros logrados posteriormente sugieren, pues, que la metionina y la treonina son posiblemente los aminoácidos limitantes en esta proteína, a pesar de que la deficiencia no es de gran magnitud a juzgar por las respuestas que se obtuvieron al agregar ambos aminoácidos.

CUADRO 11

Suplementación del granillo oscuro con aminoácidos  
(10% de proteína en las dietas)

Aminoácido agregado a la dieta basal*	Ganancia ponderal** g/28 días	PER***
Ninguno	106	2.15
L-lisina HCL	101	1.93
DL-metionina	114	2.20
DL-treonina	112	2.16
DL-triptofano	99	1.94
L-lisina HCl + DL-treonina + DL-metionina	128	2.28

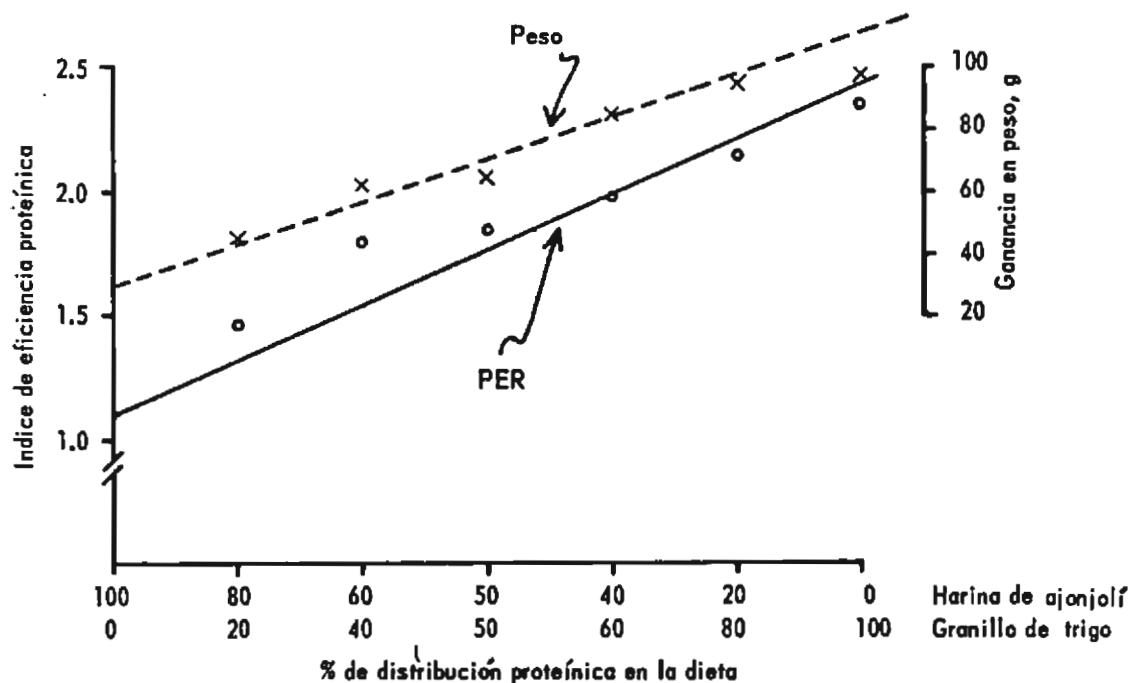
\* Se adicionó 0.2 g% de cada aminoácido, excepto el DL-triptofano que se agregó al nivel de 0.1 g%.

\*\* Peso inicial: 45 g.

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

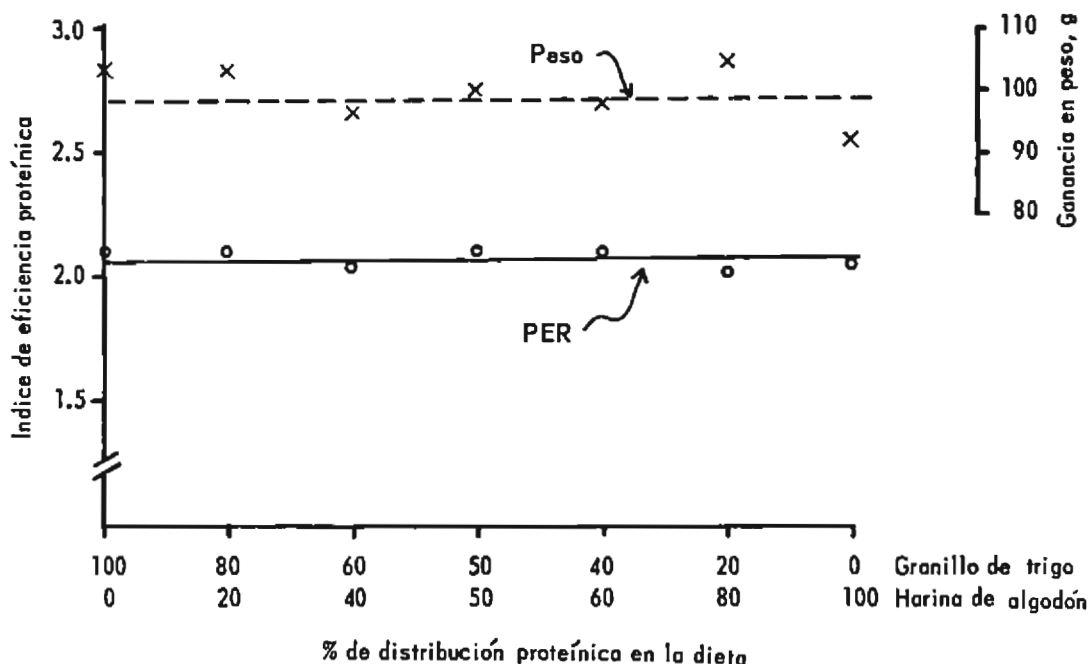
Las Gráficas 3 y 4 y el Cuadro 12 muestran los resultados de combinar las proteínas del granillo de trigo oscuro con diferentes concentrados proteínicos de origen vegetal (harinas de ajonjolí, de semilla de algodón y de soya).

En el caso del ajonjolí (Gráfica 3) se aprecia que la deficiencia en lisina de que adolece este concentrado proteínico (25, 41, 42) se corrige parcialmente a medida que sus proteínas son sustituidas por las del granillo de trigo oscuro; por otro lado, las proteínas del granillo se benefician del mayor contenido de metionina de las proteínas del ajonjolí (25). El tipo de respuesta obtenida confirma que la deficiencia de metionina en el granillo oscuro no es tan ostensible como la de lisina en el ajonjolí, ya que si así fuera se observaría una verdadera complementación. A pesar de ello, viene al caso subrayar que el PER del ajonjolí prácticamente puede duplicarse al reemplazar 60% de sus proteínas por granillo de trigo oscuro.



GRAFICA 3

Complementación de las proteínas del granillo de trigo oscuro y del ajonjolí (harina desgrasada con solvente en el laboratorio).



GRAFICA 4

Complementación de las proteínas del granillo de trigo oscuro y de la harina de algodón.

Como se observa en la Gráfica 4, la combinación de las proteínas del granillo oscuro con las de la harina de algodón no induce ninguna mejora desde el punto de vista nutri-

cional, ya que la ganancia ponderal y el PER se mantuvieron prácticamente iguales con cualquiera de las combinaciones estudiadas.

Es posible que la falta de complementación entre estas dos proteínas se deba, al menos en parte, a la deficiencia común de metionina que acusan ambas proteínas, así como a la diferencia relativamente pequeña en cuanto a contenido de lisina, a favor del granillo; el resultado es que en las diferentes combinaciones, la metionina se convierte en el aminoácido limitante en primer grado.

Sin embargo, estos resultados tienen implicaciones prácticas, ya que es factible sustituir las proteínas de la harina de algodón por las del granillo, sin que esto afecte su valor nutritivo. Esto permite usarlas en cualquiera de las proporciones estudiadas de acuerdo con las condiciones económicas y de disponibilidad existentes en cada región.

El efecto complementario observado entre las proteínas del granillo y de la harina de soya (Cuadro 12) indica que la mejor combinación es cuando 40% de las proteínas proceden del granillo y 60% de la soya. En este punto la ganancia ponderal obtenida fue de 106 gramos y el PER de 2.19. Las mismas consideraciones de orden práctico mencionadas para la combinación de granillo con harina de algodón (Gráfica 4) aplican en el presente caso.

Los resultados de este trabajo así como de estudios previos, sugieren que desde el punto de vista nutricional, el granillo de trigo oscuro representa un subproducto apropiado para la suplementación de cereales, en los que por lo general, y como ya se indicó, la lisina es el aminoácido que ocupa el primer lugar como limitante.

A pesar de lo expuesto, uno de los factores que podría limitar el uso más liberal de este material es el mayor contenido de fibra cruda que, en comparación con los cereales corrientes, presenta el granillo de trigo oscuro. Estudios recientes llevados a cabo por otros investigadores (3) señalan que es del todo factible superar este problema sometiendo el producto a un proceso posterior de molienda, seguido de tamizaje. De esta manera se logra no sólo disminuir el contenido de fibra cruda, sino también incrementar ligeramente la concentración de proteínas y, en consecuencia, permite su uso en la alimentación humana. Cabe agregar que los mismos investigadores (3) estudiaron las condiciones óptimas de humedad del producto necesarias para obtener un mayor rendimiento de la harina, encontrando que esto se lograba con 5 a 7% de humedad.

En el Cuadro 13 se observa la composición química del granillo de trigo oscuro y de las fracciones resultantes de la molienda del material en un molino de martillos y después de someterlo a tamización a un grueso de 80 mallas. Mediante este proceso se pudo reducir el contenido de fibra cruda, de 5.6 g% en el producto original, a 3.3 g% en el material tamizado a 80 mallas; además, se logró un leve incremento en el contenido proteínico del producto final.

CUADRO 12

Efecto de la complementación entre las proteínas del granillo de trigo oscuro y de la harina de soya

Proteína en la dieta	Distribución proteínica en la dieta		Distribución proteínica en la dieta		Distribución en peso de los ingredientes		Ganancia ponderal*	PER**
	Granillo	Harina de soya	Granillo	Harina de soya	Granillo	Harina de soya		
%	%		%		g		g/28 días	
10.60	100	0	10.60	-	52.60	-	67	1.87
11.81	80	20	9.45	2.36	42.10	4.00	86	1.96
11.83	60	40	7.10	4.73	31.60	8.00	97	2.11
11.42	50	50	5.71	5.71	26.30	10.00	101	2.20
11.87	40	60	4.75	7.12	21.00	12.00	106	2.19
11.52	20	80	2.30	9.22	10.50	16.00	100	2.17
10.87	0	100	-	10.87	-	20.00	93	2.41

\* Peso inicial: 48 g.

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

CUADRO 13

Composición química del granillo de trigo oscuro y sus fracciones (expresada en g/100 g)

	Granillo de trigo oscuro		
	Original	Tamizado (80 mallas)	Residuo
Humedad	14.7	14.0	13.9
Extracto etéreo	3.6	3.3	3.7
Proteína	20.0	21.3	18.0
Fibra cruda	5.6	3.3	8.5
Cenizas	3.4	3.2	3.7
Carbohidratos	52.7	54.9	52.2

El material obtenido en esa forma se utilizó en pruebas de suplementación de las proteínas del maíz, orientadas a determinar la posibilidad de mejorar su valor nutritivo, teniendo en cuenta el hecho de que este cereal, preparado en forma de tortilla, representa la mayor fuente de ingesta proteínica para la población centroamericana (43-46). El granillo fue agregado a niveles de 5, 10, 15, 20 y 30% a una dieta a base de masa de maíz, completa en cuanto a calorías, vitaminas y minerales. Su efecto como suplemento de las proteínas de maíz, se evaluó luego, usando para tal fin el método de eficiencia proteínica.

Los resultados obtenidos (Cuadro 14) indican que el valor nutritivo de las proteínas de la masa de maíz mejora progresivamente conforme se aumenta el nivel de granillo, alcanzando un valor máximo con el agregado de 30 g%. Con esta dieta la ganancia en peso de los animales fue tres veces mayor que la obtenida con la dieta No. 8, esto es, la dieta basal preparada con 90% de masa de maíz.

La mejoría observada en el valor nutricional de la masa de maíz se debe en parte a un ligero aumento en el nivel proteínico de las dietas suplementadas con granillo. Principalmente, sin embargo, es el resultado de corregir parcialmente las deficiencias de lisina y triptofano, que son los aminoácidos limitantes en las proteínas de la masa de maíz. Esto se aprecia al comparar la similitud de las respuestas obtenidas con las dietas Nos. 5 y 7, preparadas con la misma concentración de proteínas, pero cuyo contenido de lisina es diferente.

En base al contenido de lisina y triptofano del granillo se encontró que 30% de este material proporciona a la masa de maíz niveles de 0.26 g% de lisina, y 0.077 g% de triptofano. Los niveles óptimos de suplementación de estos dos aminoácidos para la masa de maíz, son de 0.31 g% para lisina, y 0.05 g% para triptofano (17).

La Figura 1 muestra la harina de masa de maíz, tipo comercial, usada para la elaboración de tortillas en Guatemala,



## Suplementación de la masa de maíz con granillo de trigo oscuro

Dieta No.	Cantidad de masa de maíz en la dieta basal g%	Suplemento de granillo de trigo g%	Suplemento de L-lisina HCl g%	Proteína en las dietas g%	Ganancia ponderal* g/28 días	PER**
1	70	-	-	7	18	1.07
2	70	5.0	-	8	31	1.38
3	70	10.0	-	9	36	1.42
4	70	15.0	-	10	55	1.75
5	70	20.0	-	11	72	1.88
6	60	30.0	-	12	93	2.06
7	70	20.0	0.20	11	92	2.20
8	90	-	-	9	31	1.10
9	-	50.0	-	10	104	2.39
10	Caseína (control)	-	-	10	120	2.70

\* Peso inicial: 47 g.

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

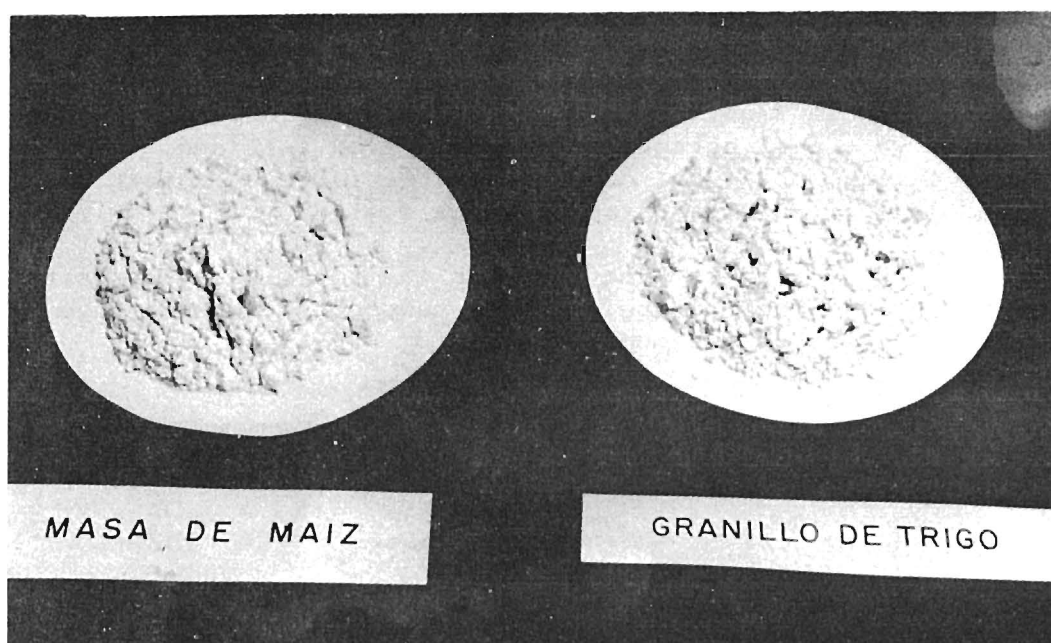


FIGURA 1

Comparación entre la masa de maíz y el granillo de trigo.

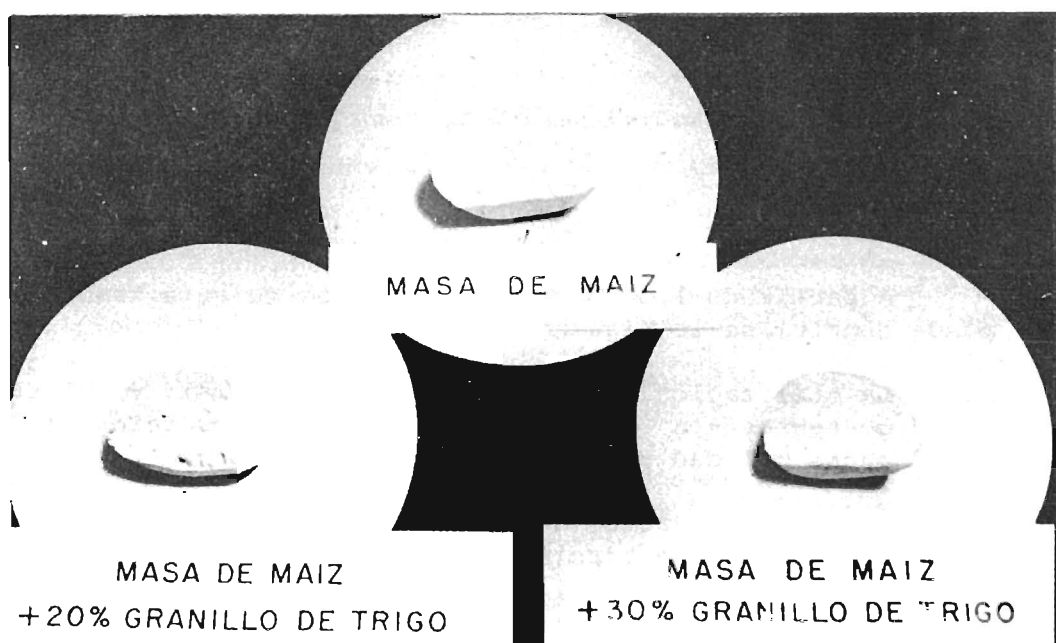


FIGURA 2

Suplementación de la masa de maíz con granillo de trigo.

y el granillo de trigo utilizado en la suplementación. Según se aprecia, ambos productos son bastantes similares en lo que a su apariencia física se refiere, aun cuando el color (tonalidad) del granillo es ligeramente más oscuro.

En la Figura 2 se observan preparaciones de la masa de maíz ya con el agregado de granillo; en realidad, es bastante difícil notar una diferencia apreciable en cuanto a color (tonalidad) u otra característica física.

En la Figura 3 se presenta las tortillas ya preparadas por el medio corriente, sin que tampoco se aprecie mayor diferencia en su aspecto.



FIGURA 3

*Tortillas preparadas con harina de masa de maíz y granillo de trigo.*

### Conclusiones

A partir de los conceptos expuestos en este trabajo, puede concluirse lo siguiente:

1. La utilización de los subproductos del maíz y del trigo representa una fuente potencial de proteínas de buena calidad para nuestros países.
2. La estandarización de los diferentes subproductos en lo referente a terminología y análisis físicos, químicos y nutricionales, debe ser objeto de mayor investigación en Latino América. Sólo así se logrará una utilización más eficiente de estos materiales, y, a la vez, estimular - desde el punto de vista económico - a las industrias afines. El resultado sería un incremento en la utilización práctica e inmediata de estos subproductos.

3. Los hallazgos preliminares de que aquí se da cuenta indican que, de acuerdo a sus características físicas y químico-nutricionales, algunos de los subproductos estudiados pueden ser aprovechados en la formulación de alimentos ricos en proteína. Tal y como se señala en esta presentación, ciertas combinaciones entre el germen de maíz y la harina de semilla de algodón, de granillo blanco y harina de soya y de granillo oscuro, con diferentes concentrados proteínicos, permiten un aprovechamiento más amplio de estos materiales. No menos importante, la utilización del granillo de trigo oscuro como suplemento de la tortilla de maíz, ofrece características favorables desde los puntos de vista físico y nutricional, y posiblemente también desde el ángulo económico, ya que el precio de este subproducto compara favorablemente con el del maíz.

### Referencias

1. Mennel, D M Millfeed-product?, by-product? Introduction to the problem Northwest. Miller, June 10, 1963, p. 13 (c f Farrell, E. P, A. Ward, G D. Miller, and L. A Lovett Extensive analyses of flours and millfeeds made from nine different wheat mixes. I. Amounts and analyses *Cereal Chem.*, 44:39, 1967).
2. Robertson, J E Do we appreciate the value of millfeed? Northwest. Miller, February, 1966, p. 22 (c f Farrell, E. P, A. Ward, G.D. Miller, and L. A. Lovett. Extensive analyses of flours and millfeeds made from nine different wheat mixes. I. Amounts and analyses. *Cereal Chem.*, 44:39, 1967).
3. Fellers, D. A., A. D. Sheppherd, N. J. Bellard, and A. P. Mossman. Protein concentrates by dry milling of wheat millfeeds. *Cereal Chem.*, 43:715, 1966.
4. Osborne, T. B, and L. B Mendel. The nutritive value of the wheat kernel and its milling products *J. Biol. Chem.*, 37:557, 1919
5. Hegsted, D M., M. F. Trulson, and F. J Stare. Role of wheat and wheat products in human nutrition *Physiol. Rev.*, 34:221, 1954.
6. Moran, T Nutritional significance of recent work on wheat, flour and bread. *Nutr. Abs. Revs.*, 29:1, 1959
7. 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.
8. 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.
9. Rosenhberg, H R., and R. Culik The improvement of the protein quality of white rice by lysine supplementation. *J. Nutrition*, 63:477, 1957.
10. Elías, L. G, R. Jarquín, R. Bressani, y C. Albertazzi. Suplementación del arroz con concentrados proteicos *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18:27, 1968.
11. Rosenhberg, H. R., R. Culik, and R. E. Eckert. Lysine and threonine supplementation of rice *J. Nutrition*, 69:217, 1959.
12. Pond, W. G., J. C. Hillier, and D. A. Benton. The amino acid adequacy of milo (grain sorghum) for the growth of rats. *J. Nutrition*, 65:493, 1958.

13. Waddel, J. Supplementation of plant proteins with amino acids. En: *Processed Plant Protein Foodstuffs*. A. M. Altschul (ed.). New York, Academic Press, 1958, p. 307-351.
14. Bressani, R., y L. G. Elías. Suplementación de la avena con aminoácidos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 17:150, 1967.
15. 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.
16. Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar, and N. S. Scrimshaw. Supplementation of cereal proteins with amino acids. II. Effect of amino acid supplementation of rolled oats as measured by nitrogen retention of young children. *J. Nutrition*, 81:399, 1963.
17. Bressani, R., L. G. Elías, y J. E. Braham. Suplementación con aminoácidos, del maíz y de la tortilla. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18:123, 1968.
18. Rosenhberg, H. R., E. L. Rohdenburg, and R. E. Eckert. Multiple amino acid supplementation of white corn meal. *J. Nutrition*, 72: 415, 1960.
19. 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.
20. 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.
21. Elías, L. G., R. Colindres, and R. Bressani. The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). *J. Food Sci.*, 29:118, 1964.
22. Bressani, R., L. G. Elías, and D. A. Navarrete. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans, and cowpeas of Guatemala. *J. Food Sci.*, 26:525, 1961.
23. Jaffé, W. G. Limiting essential amino acids of some legume seeds. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 71:398, 1949.
24. Flodin, N. W. Amino acids and proteins. Their place in human nutrition problems. *J. Agr. Food Chem.*, 1:222, 1953.
25. Almquist, H. J. M., and C. R. Grau. Mutual supplementary effect of the proteins of soybean and sesame meals. *Poultry Sci.*, 23:341, 1944.
26. Rosehnberg, H. R. Amino acid supplementation of food and feeds. En: *Protein and Amino Acid Nutrition*. A. A. Albanese (ed.). New York, Academic Press, 1958, p. 381-417.
27. Berry, T. H., D. E. Becker, O. G. Rasmussen, A. H. Jensen, and H. W. Norton. The limiting amino acids in soybean protein. *J. Animal Sci.*, 21:558, 1962.
28. Bressani, R., and L. G. Elías. Processed vegetable protein mixtures for human consumption in developing countries. *Adv. Food Res.*, 16:1, 1968.
29. Allison, J. B., R. W. Wannemacher Jr., and J. R. McCoy. The determination of the nutritive value of cottonseed flour. En: *Proceedings of a Conference on Cottonseed Protein for Animal and Man*. New Orleans, November, 14-16, 1960, p. 1-6.

30. Bressani, R., L. G. Elías, and J. E. Braham. Cottonseed protein in human foods. En: *World Protein Resources*. A symposium sponsored by the Division of Agricultural and Food Chemistry at the 150th Meeting of the American Chemical Society, Atlantic City, N. J., Sept. 13-15, 1965. A. M. Altschul, Symposium Chairman. Washington, D. C., American Chemical Society, 1966, Chapter 7, p. 75. (Advances in Chemistry Series 57.)
31. Braham, J. E., L. G. Elías, and R. Bressani. Factors affecting the nutritional quality of cottonseed meals. *J. Food Sci.*, 30:531, 1965.
32. Elías, L. G., S. Sánchez, y R. Bressani. Estudio comparativo de diferentes métodos para evaluación del valor proteico de harina de semilla de algodón. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 19:279, 1969.
33. Bressani, R., y L. G. Elías. Cambios en la composición química y en el valor nutritivo de la proteína de la harina de semilla de algodón durante su elaboración. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 18:319, 1968.
34. Orr, M. L., and B. K. Watt. Amino acid content of foods. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture, 1957, 41 p. (Home Economics Research Report No. 4 ).
35. Waggle, D. H., M. A. Lambert, G. D. Miller, E. P. Farrel, and C. W. Deyoe. Extensive analyses of flours and millfeeds made from nine different wheat mixes. II. Amino acids, minerals, vitamins, and gross energy. *Cereal Chem.*, 44:48, 1967.
36. Kohler, G. O., and R. Palter. Studies on methods for amino acid analysis of wheat products. *Cereal Chem.*, 44:512, 1967.
37. Cave, N. A. G., J. D. Summers, S. J. Slinger, and G. C. Ashton. The nutritional value of wheat milling by-products for the growing chicks. II. Evaluation of protein. *Cereal Chem.*, 42:533, 1965.
38. Hepburn, F. N., W. K. Calhoun, and W. B. Bradley. The distribution of the amino acids of wheat in commercial mill products. *Cereal Chem.*, 37:749, 1960.
39. Moran, E. T. Jr., J. D. Summers, and E. J. Bass. Heat-processing of wheat germ meal and its effect on utilization and protein quality for the growing chick: toasting and autoclaving. *Cereal Chem.*, 45:304, 1968.
40. Elías, L. G., y R. Bressani. Valor proteínico de los subproductos de la industria del trigo. I. Composición química y suplementación del granillo de trigo con aminoácidos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 20:403, 1970.
41. Caldwell, R. W. Sesame meal. En: *Processed Plant Protein Foodstuffs*. A. M. Altschul (ed.). New York, Academic Press, 1958, p. 535-556.
42. Carter, F. L., V. O. Cirino, and L. E. Allen. Effect of processing on the composition of sesame seed and meal. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 38:148, 1961.
43. Flores, M., y E. Reh. Estudios de hábitos dietéticos de poblaciones de Guatemala. II. Santo Domingo Xenacoj. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones Científicas del INCAP", 1955, p. 129.
44. Flores, M. Estudios dietéticos en El Salvador. II. Cantón Platanillos, Municipio de Quezaltepeque, Departamento de La Libertad. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, "Publicaciones Científicas del INCAP", 1955, p. 54.

45. Reh., E., y C. Fernández. Condiciones de la vida y de alimentación en cuatro grupos de población de la Zona Central de Costa Rica. *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del INCAP", 1955, p. 66.
46. Sogandares, L., G. de Barrios, y E. Z. de Corcó. Estudios dietéticos en Panamá. II. Barrio El Chorrillo, ciudad de Panamá. *Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, "Publicaciones Científicas del INCAP", 1955, p. 47.