

El contenido de nitrógeno y de aminoácidos esenciales de diversas selecciones de maíz¹

RICARDO BRESSANI, LUIZ G. ELÍAS, MARIO SANTOS,
DELIA NAVARRETE Y NEVIN S. SCRIMSHAW
Instituto de Nutrición de Centro-América y Panamá (INCAP)
Guatemala, C.-A.

Ultimamente se han publicado varios artículos en los que se hace una revisión (3-6) de las amplias investigaciones llevadas a cabo en años recientes con el objeto de mejorar el valor nutritivo del maíz por medio de métodos genéticos. Considerando la gran importancia que este cereal tiene en las dietas de los pobladores de algunas regiones rurales de la América Latina (1, 2, 10 y 18), es conveniente disponer de la más amplia información posible acerca de la composición de aminoácidos del grano de maíz, a fin de que ésta pueda servir como una de las bases necesarias para la estimación de su valor proteico. Con este propósito, en el presente estudio se proporcionan los datos relativos a la distribución del nitrógeno en las fracciones anatómicas del grano de maíz, así como la distribución de las proteínas y del contenido de aminoácidos del grano entero.

Materiales y métodos

Las selecciones de maíz utilizadas en este estudio incluyeron 10 muestras procedentes de Veracruz, México, y 4 selecciones cultivadas en Guatemala, representativas de los tipos

1. El trabajo aquí descrito se llevó a cabo con la asistencia financiera de la Fundación Rockefeller, organismo que también colaboró proporcionando al INCAP parte de las muestras de maíz necesarias para la realización del estudio. Publicación INCAP E-190.

de maíces cosechados tanto en las tierras bajas como en las partes altas del país (9). Las muestras recibidas, algunas de las cuales pesaban hasta cerca de 600 gramos, se almacenaron en un cuarto refrigerado a una temperatura de 4° C. hasta el momento de practicar los análisis químicos respectivos.

Para llevar a cabo el estudio de la distribución de las partes principales del grano de maíz se cubrieron 100 gramos de cada muestra con suficiente agua destilada, dejándola por espacio de 18 horas a una temperatura de 4° C., a fin de suavizar la cáscara y poder separarla del endospermo y del germen. Esto último se efectuó valiéndose de un par de pinzas y de una cuchilla de acero inoxidable. Las secciones así obtenidas, es decir, el endospermo, el germen y la cáscara, se secaron en un horno al vacío durante 14 horas y a la temperatura de 60° C. La extracción y el fraccionamiento de las proteínas del grano se llevó a cabo usando el método de Mertz y colaboradores (19 y 20) en el material molido a un grueso de 40 mallas y desengrasado con éter de petróleo. Tanto el análisis de humedad como el proceso de hidrólisis para determinar el contenido de nitrógeno se llevaron a cabo empleando los métodos oficiales de la A.O.A.C. (7), y la destilación del nitrógeno se verificó siguiendo el método recomendado por Hamilton y Simpson (16). Los aminoácidos esenciales fueron determinados por métodos microbiológicos en hidrolizados ácidos o alcalinos, utilizando las bacterias y los medios de cultivo empleados por Steele y colaboradores (26).

Las muestras cultivadas en Guatemala se usaron únicamente para mostrar la variación que existe en lo que a la composición anatómica del grano de maíz se refiere, así como para indicar la distribución de nitrógeno en el mismo. El fraccionamiento de las proteínas de estos maíces y su composición de aminoácidos han sido descritos en un artículo anterior por Bressani y Mertz (11).

Resultados

Las cifras correspondientes a la distribución de las principales secciones anatómicas del grano de maíz se detallan en la Tabla I. En las muestras procedentes de México se encontró que el endospermo contribuía con un promedio de 82,3% del peso del grano, mientras que el germen formaba sólo aproximadamente el 9,8% del peso total del grano de maíz. En las

mismas muestras la cáscara representaba alrededor del 7,9% del maíz. En las cuatro muestras cultivadas en Guatemala, el endospermo dió como promedio 82,4% del peso del grano, mientras que el germen y la cáscara promediaron 11,6 y 6,0% del peso del grano de maíz, respectivamente.

En la Tabla II figura el porcentaje de nitrógeno de cada una de las secciones anatómicas del grano. Como se puede observar en el caso de los maíces procedentes de México, el germen constituye la fracción más rica en nitrógeno, con un promedio de 2,97%, mientras que el endospermo y la cáscara contienen un promedio de 1,86 y 1,25%, respectivamente. En las muestras obtenidas en Guatemala, en cambio, el germen y el endospermo promediaron 2,82 y 1,47% de nitrógeno, respectivamente, habiéndose encontrado que la cáscara contenía 0,76% de esta substancia.

En la Tabla III figuran, expresados en porcentajes de nitrógeno por 100 gramos de maíz, los valores de la distribución del nitrógeno en las partes principales que componen el grano de este cereal. En las selecciones procedentes de México, por cada 100 gramos de maíz el endospermo proporcionó un promedio de 1,53% de nitrógeno, mientras que el germen y la cáscara aportaron sólo un promedio de 0,29 y 0,10% del nitrógeno total. En las cuatro muestras obtenidas en Guatemala, el endospermo, el germen y la cáscara contribuyeron con un promedio de 1,21, 0,33 y 0,05% del nitrógeno del grano. Con base en estos datos y en el porcentaje de peso de cada una de las fracciones anatómicas del grano, se calculó la proporción del nitrógeno total aportada por cada fracción. La contribución más significativa fué la del endospermo, con un promedio de 79,7% en las muestras de México y de 76,0% en las de Guatemala. El germen y la cáscara aportaron 15,1 y 5,2% del nitrógeno del grano, respectivamente, en los maíces de México, mientras que en las selecciones procedentes de Guatemala éstos contribuyeron con 20,5 y 2,9% del nitrógeno del grano, respectivamente.

Las cifras correspondientes al fraccionamiento del contenido de nitrógeno de las selecciones de maíz recibidas de México se presentan en la Tabla IV. El nitrógeno total del grano fué fraccionado en: nitrógeno soluble en ácido, en alcohol (zeína) y en álcali, habiéndose obtenido por diferencia el porcentaje de nitrógeno no soluble. De las tres fracciones, la can-

tividad de nitrógeno soluble en alcohol resultó ser la mayor, con un promedio de 42,0%; en cambio, el promedio de nitrógeno soluble en ácido fué un poco menor que el del nitrógeno soluble en álcali, siendo éstos de 22,8 y 29,5%, respectivamente. En la Tabla V figuran los datos de la composición de aminoácidos esenciales de las 10 selecciones de maíz procedentes de México y de las cuatro muestras cultivadas en Guatemala, así como los porcentajes de nitrógeno correspondientes. El promedio del contenido de nitrógeno fué de 1,89% en las muestras de maíz de México, y de 1,51% en las cultivadas en Guatemala. Las diferencias observadas entre las distintas selecciones en cuanto al contenido de aminoácidos fueron pequeñas y probablemente no significativas, habiendo discrepancias mayores en lo que se refiere a su contenido de leucina y de valina. Los promedios de los valores encontrados son análogos a los obtenidos por otros investigadores (11 y 13).

Discusión

Desde hace varios años el problema del valor nutritivo de las proteínas del maíz ha sido objeto de amplios estudios de parte de los agrónomos, de los geneticistas y de los nutricionistas, debido a la importancia que este cereal tiene tanto en la nutrición humana como en la alimentación de las aves de corral, de los cerdos y del ganado. Se considera que, a pesar de las numerosas investigaciones realizadas, es relativamente poco lo que hasta la fecha se ha logrado para mejorar la calidad proteica del maíz. Esto se debe a la complejidad del problema, ya que los resultados de selección en cuanto al mayor contenido de proteína del grano, la fertilización de la planta y otros medios han tenido como resultado ciertos aumentos de la cantidad total de nitrógeno, debido a aumentos significativos de la cantidad de zeína (24) del grano, proteína ésta de calidad nutricional pobre para la alimentación de los animales monogástricos.

Los resultados obtenidos en lo que respecta a la distribución de las partes principales que componen el grano acusaron cierta similitud con los obtenidos en el análisis de otros maíces, tanto en las variedades cultivadas en Latinoamérica (9 y 11) como en otras regiones (11 y 24). Es de interés destacar que, debido a que el endospermo pesa más, esta fracción es la que contribuye con la mayor parte del nitrógeno total del

grano. Sin embargo, si se estima en porcentaje, el germen contiene mayores cantidades de nitrógeno que el endospermo. La proporción del porcentaje de nitrógeno del endospermo y del germen de las selecciones procedentes de México que fueron objeto de investigación fué de 1 a 1,60 con una variación desde 1 a 1,44 hasta 1 a 1,74, mientras que en las cuatro muestras de maíces obtenidas en Guatemala la proporción entre el porcentaje de nitrógeno del endospermo y del germen fué de 1 a 1,88, 1 a 1,54, 1 a 2,20 y de 1 a 2,26, respectivamente. Si además del porcentaje de nitrógeno se considera el tamaño de cada fracción, la proporción entre el nitrógeno del endospermo y el nitrógeno del germen promedia de 1 a 0,19, con una variación desde 1 a 0,16 hasta 1 a 0,23 en las muestras de maíz procedentes de México. En los cuatro maíces recolectados en Guatemala el promedio fué de 1 a 0,28, con una variación desde 1 a 0,20 hasta 1 a 0,34. La relación de estos datos con el hecho comprobado por varios investigadores (8 y 21) en el sentido de que el germen contiene más lisina y más triptófano que el endospermo, y de que las proteínas del germen son de buena calidad nutricional, permite sugerir la hipótesis de que el valor biológico del grano de maíz se podría mejorar seleccionando aquellas variedades de cereal en que la proporción entre el nitrógeno total del endospermo y el nitrógeno total del germen sea más alta, ya sea mediante un germen más grande o más rico en su contenido de nitrógeno.

En la tabla VI se presentan los resultados de la evaluación del contenido promedio de aminoácidos de las selecciones de maíz, en comparación con las cantidades que establece la proteína de Referencia de la FAO (15). Si se asume que los niveles de aminoácidos de la Proteína de Referencia son los ideales para obtener una proteína de buena calidad, se puede notar que todos los maíces objeto del presente estudio fueron deficientes, en orden de importancia, en lo que concierne a lisina, triptófano, metiotina y treonina. Los resultados que aquí se consignan coinciden en general, excepto en lo que a metionina se refiere, con los resultados de experimentación obtenidos de estudios llevados a cabo con ratas (17, 22 y 23) y con niños (12 y 25), aún cuando no en el orden que se indica para la Proteína de Referencia. Asimismo, es de interés señalar el hecho de que la isoleucina no demostró

ser limitante en los maíces bajo estudio, aunque se ha manifestado que tal aminoácido es limitante debido a que la leucina interfiere con su utilización (14). Ahora bien, haciendo uso de los datos presentados en la Tabla VI en lo que respecta a la cantidad de aminoácidos del germen y del endospermo, así como del promedio del nitrógeno total del germen y del endospermo de los maíces estudiados, se calculó qué cantidad de lisina se podría hallar en granos de maíz similares a los incluidos en el presente estudio, habiéndose obtenido las cifras de 0,37% de lisina y de 0,07% de triptófano. Estos valores comparan muy favorablemente con las cifras de 0,34 y 0,06%, respectivamente, determinados mediante análisis. Si los maíces se seleccionan de tal manera que la relación entre nitrógeno total del endospermo y el del germen sea mayor —como en el ejemplo presentado en la Tabla VI en donde la relación del nitrógeno total entre el endospermo y el germen es de 1 a 0,40, que corresponde a 1,53% de nitrógeno en el endospermo y a 0,63 gramos de nitrógeno en el germen— tal combinación proporcionaría 0,49% de lisina y 0,097% de triptófano, respectivamente. Por consiguiente, esto tendría como resultado la obtención de un maíz no sólo de mayor contenido proteico, sino cuyas proteínas son de mejor calidad nutricional. Desde luego, para corroborar lo expresado en esta última parte de la discusión sería necesario realizar estudios más amplios.

RESUMEN

Se disectaron 10 selecciones de maíz procedentes de Veracruz, México, y 4 de Guatemala, separando las partes más importantes del grano las, que luego fueron analizadas para determinar su contenido de nitrógeno. Los resultados obtenidos indicaron que el germen del maíz es la fracción anatómica que contiene el porcentaje más alto de nitrógeno, siguiéndole el endospermo y luego la cáscara. Se encontró que, en general, el germen contiene aproximadamente 1,6 veces más nitrógeno que el endospermo, siendo el porcentaje promedio de nitrógeno de éste de 1,86, y de 2,97% el del germen de los maíces recibidos de México. En las muestras cultivadas en Guatemala estas cifras fueron de 1,47 y 2,82, respectivamente. Debido a la mayor contribución que en términos de peso aporta el endospermo, esta fracción contribuyó con el

79,7 y 76,0% del nitrógeno total del grano en los maíces de México y de Guatemala, respectivamente, mientras que el germen contribuyó únicamente con el 15,1 y con el 20,5%. La cáscara aportó un promedio de 5,2% en el caso de las muestras de México, y en las muestras de Guatemala éste fué del 2,9%.

Se extrajo el nitrógeno total del grano de cada selección y se fraccionó en nitrógeno soluble en ácido, en alcohol y en álcali. Los resultados demostraron que la fracción de nitrógeno soluble en alcohol era la más alta, siguiéndole la fracción soluble en álcali y luego la soluble en ácido. Se discute el significado del alto contenido de la fracción soluble en alcohol (zeína) en su relación con el valor nutritivo del maíz. El contenido de aminoácidos esenciales de las selecciones de maíz se presenta expresado en porcentajes y en gramos de aminoácido por gramo de nitrógeno. Tales cifras fueron comparadas con los valores de aminoácidos de la Proteína de Referencia de la FAO, encontrándose que los maíces objeto de este estudio eran deficientes en lisina, triptófano, metionina y treonina. Estos resultados se discuten en relación con los niveles de la Proteína de Referencia. Con base en los datos obtenidos en el curso de esta investigación, se propone la selección de aquellas variedades que tengan una alta proporción de germen como posible medio para mejorar el valor proteico del maíz, ya que este cereal es de suma importancia en la nutrición de los pobladores de una gran mayoría de las regiones rurales de la América Latina y de otras partes del mundo.

ABSTRACTO

Se disectaron 10 selecciones de maíz procedentes de Veracruz, México, y 4 cultivadas en Guatemala, separando las tres partes principales que componen el grano, y se les practicó análisis de nitrógeno. Los resultados indicaron que el germen contenía aproximadamente 1,6 veces más de nitrógeno que el endospermo; sin embargo, debido al mayor peso del endospermo con respecto al grano, esa fracción contribuyó con 79,77% del nitrógeno total del grano, mientras que el germen solamente aportó 15,1%. En las muestras que fueron objeto de estudio también se practicó extracción y fracciona-

miento de nitrógeno, habiéndose obtenido resultados que indicaron que el nitrógeno soluble en alcohol era la fracción de nitrógeno más abundante del grano. La importancia de estos resultados se discute en relación con el valor nutritivo del maíz. También se determinó la composición de aminoácidos esenciales del grano, comparando los resultados con los niveles de aminoácidos de la Proteína de Referencia de la FAO, habiéndose hallado que las muestras de maíz eran deficientes en lisina, triptófano, metionina y treonina. Este hallazgo se comparó con los resultados obtenidos en el curso de estudios recientes relativos a los niveles de aminoácidos de la Proteína de Referencia. Con base en esta investigación se propone una posible forma de lograr una mejora del valor biológico de la proteína del maíz.

ABSTRACT

Ten corn selections from Veracruz, México, and four from Guatemala were dissected into the major component parts of the grain and were analyzed for total nitrogen. The results indicated that the germ contains about 1.6 times as much nitrogen as the endosperm; however, because of the higher weight percentage of the endosperm, this fraction contributes with 79.7% of the total nitrogen of the grain, while only 15.1% is contributed by the germ. Nitrogen extraction and fractionation was also carried out on the samples of this study. The results indicated that the alcohol-soluble nitrogen is the most abundant nitrogen fraction of the grain. The significance of this result is discussed as related to the nutritive value of corn. The essential amino acid composition was also determined and the findings were compared with the amino acid levels of the FAO Reference Protein. From this comparison it was found that the corn samples were deficient in lysine, tryptophan, methionine and threonine, and this finding was discussed in comparison with new ones concerning the amino acid levels of the reference protein. From all the data obtained in this study a possible way to achieve a higher biological value of corn protein has been discussed.

TABLA I
DISTRIBUCION DE LAS PRINCIPALES SECCIONES ANATOMICAS
DEL GRANO DE MAIZ

GENEALOGIA	Peso promedio 20 semillas G.	PORCENTAJE DEL PESO DEL GRANO ENTERO		
		Endos- permo	Germen	Cáscara
Muestras procedentes de México				
V-520-C *	5.22	84.0	8.0	8.0
Barretal *	5.70	81.5	10.9	7.6
Carmen *	4.44	82.2	10.1	7.7
Cuba Yellow Dent *	6.60	80.8	10.4	8.8
Sintético Amarillo *	5.22	82.0	10.4	7.6
V-520-C x Cuba Yellow Dent ..	5.87	82.0	9.9	8.1
V-520-C x Sintético Amarillo ..	5.98	83.4	9.1	7.5
Barretal x Cuba Yellow Dent ...	5.15	80.8	10.9	8.3
Barretal x Sintético Amarillo ...	5.62	82.4	9.2	8.4
Carmen x Sintético Amarillo ...	5.78	83.5	8.8	7.7
PROMEDIO	5.56	82.3	9.8	7.9
Muestras cultivadas en Guatemala				
Tiquisate Amarillo Dorado ...	5.43	81.3	12.3	6.4
S. S. D.	8.24	83.9	11.2	4.9
142-48	6.91	82.0	11.0	7.0
Cuyuta	5.95	82.5	11.8	5.7
PROMEDIO	6.63	82.4	11.6	6.0

* Autopolinizado.

TABLA II
 PORCENTAJE DE NITROGENO DE LAS SECCIONES ANATOMICAS
 DEL GRANO DE MAIZ ¹

Genealogía	Endospermo	Germen	Cáscara
Muestras procedentes de México			
V-520-C *	1.76	2.90	1.48
Barretal *	1.76	2.79	1.02
Carmen *	1.82	3.01	1.45
Cuba Yellow Dent *	1.74	2.76	0.94
Sintético Amarillo *	2.00	2.88	1.23
V-520-C x Cuba Yellow Dent	1.94	3.04	1.50
V-520-C x Sintético Amarillo	1.98	3.10	1.32
Barretal x Cuba Yellow Dent	1.72	2.93	1.12
Barretal x Sintético Amarillo	1.86	3.24	1.27
Carmen x Sintético Amairllo	2.06	3.02	1.20
PROMEDIO	1.86	2.97	1.25
Muestras cultivadas en Guatemala			
Tiquisate Amarillo Dorado	1.51	2.84	0.75
S. S. D.	1.26	2.78	0.77
142-48	1.92	2.95	0.76
Cuyuta	1.18	2.69	0.77
PROMEDIO	1.47	2.82	0.76

1. Las cifras se expresan sobre base seca.

* Autopolinizado.

TABLA III

VALORES DE LA DISTRIBUCION DEL NITROGENO EN LAS PARTES PRINCIPALES COMPONENTES DEL GRANO DE MAIZ

GENEALOGIA	Nitrógeno/100 g. de maíz ¹			Proporción del nitrógeno total del grano		
	Endos- permo	Germen	Cáscara	Endos- permo	Germen	Cáscara
	%	%	%	%	%	%
Muestras procedentes de México						
V-520-C *	1.43	0.23	0.12	80.8	12.6	6.6
Barretal *	1.43	0.30	0.08	79.0	16.6	4.4
Carmen *	1.50	0.30	0.11	78.5	15.7	5.8
Cuba Yellow Dent * . .	1.41	0.29	0.08	79.2	16.3	4.5
Sintético Amarillo * . .	1.64	0.30	0.09	79.8	14.8	4.4
V-520-C x Cuba Yellow Dent	1.59	0.30	0.12	79.1	14.9	6.0
V-520-C x Sintético Amarillo	1.65	0.28	0.10	81.3	13.8	4.9
Barretal x Cuba Yellow Dent	1.39	0.32	0.09	77.2	17.8	5.0
Barretal x Sintético Amarillo	1.53	0.30	0.11	78.9	15.4	5.7
Carmen x Sintético Amarillo	1.72	0.27	0.09	82.7	13.0	4.3
PROMEDIO	1.53	0.29	0.10	79.7	15.1	5.2
Muestras cultivadas en Guatemala						
TGY	1.23	0.35	0.05	75.4	21.4	3.1
S. S. D.	1.06	0.31	0.04	75.2	22.0	2.8
142-48	1.58	0.32	0.05	81.0	16.4	2.6
Cuyuta	0.97	0.33	0.04	72.4	24.7	2.9
PROMEDIO	1.21	0.33	0.05	76.0	20.5	2.9

¹ Las cifras se expresan sobre base seca.

* Autopolinizado.

TABLA IV

DISTRIBUCION DEL CONTENIDO DE NITROGENO PROTEICO DE LAS SELECCIONES DE MAIZ PROCEDENTES DE MEXICO

GENEALOGIA ¹	Extrac- ción %	Fracción soluble en			Fracción no soluble %
		Acido %	Alcohol %	Alcali %	
V-520-C *	94.1	22.8	38.2	33.1	5.9
Barretal *	95.3	16.9	47.7	30.7	4.7
Cuba Yellow Dent *	97.0	26.6	43.5	26.9	3.0
Sintético Amarillo *	94.5	23.0	39.8	31.7	5.5
V-520-C x Cuba Yellow Dent	93.0	19.7	38.2	35.1	7.0
V-520-C x Sintético Amarillo	91.0	21.5	40.2	29.3	9.0
Barretal x Cuba Yellow Dent	97.5	25.4	44.8	27.3	2.5
Barretal x Sintético Amarillo	95.7	25.0	43.3	27.4	4.3
Carmen x Sintético Amarillo	94.1	24.7	45.0	24.4	5.9
PROMEDIO	94.7	22.8	42.0	29.5	5.3

1. La variedad Carmen * no pudo ser fraccionada debido a que se agotó la provisión de muestra.

* Autopolinizado.

TABLA V

PORCENTAJES DEL CONTENIDO DE NITROGENO Y DE LA COMPOSICION DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE 14 SELECCIONES DE MAIZ¹

GENEALOGIA	Nitró- geno	Argi- nina	Histi- dina	Isoleu- cina	Leu- cina	Lisina	Metio- nina	Cistina	Fenil- alanina	Treo- nina	Triptó- fano	Valina
Muestras procedentes de México												
V-520-C *	1.96	0.63	0.35	0.57	1.23	0.31	0.18	0.10	0.56	0.32	0.055	0.57
Barretal *	1.76	0.64	0.33	0.57	1.33	0.33	0.18	0.11	0.53	0.32	0.064	0.59
Carmen *	1.78	0.72	0.32	0.51	1.24	0.34	0.17	0.09	0.54	0.33	0.060	0.59
Cuba Yellow Dent *	1.79	0.65	0.32	0.51	1.25	0.35	0.17	0.09	0.57	0.33	0.062	0.56
Sintético Amarillo	2.06	0.72	0.40	0.63	1.36	0.34	0.20	0.11	0.59	0.36	0.061	0.70
V-520-C x Cuba Yellow Dent	1.99	0.67	0.36	0.59	1.30	0.33	0.18	0.09	0.55	0.32	0.063	0.65
V-520-C x Sintético Amarillo	1.96	0.74	0.36	0.59	1.42	0.34	0.18	0.11	0.59	0.36	0.062	0.64
Barretal x Cuba Yellow Dent	1.76	0.71	0.34	0.55	1.26	0.34	0.18	0.10	0.62	0.33	0.051	0.60
Barretal x Sintético Amarillo	1.84	0.67	0.39	0.61	1.27	0.36	0.16	0.11	0.59	0.33	0.060	0.65
Carmen x Sintético Amarillo	1.96	0.74	0.40	0.63	1.40	0.35	0.17	0.10	0.63	0.34	0.060	0.66
PROMEDIO	1.89	0.69	0.36	0.58	1.31	0.34	0.18	0.10	0.58	0.33	0.060	0.62
Muestras cultivadas en Guatemala												
TGY	1.57	0.40	0.22	0.33	1.20	0.25	0.10	0.14	0.43	0.30	0.050	0.42
S. S. D.	1.37	0.31	0.17	0.23	1.03	0.18	0.10	0.12	0.39	0.25	0.040	0.35
142-48	1.83	0.33	0.24	0.34	1.53	0.26	0.11	0.14	0.62	0.34	0.050	0.46
Cuyuta	1.28	0.28	0.17	0.21	0.84	0.22	0.10	0.11	0.35	0.25	0.050	0.33
PROMEDIO	1.51	0.33	0.20	0.28	1.15	0.23	0.10	0.13	0.45	0.29	0.048	0.39

1. La humedad de los maíces varió del 10.0 al 11.7%.

* Autopolinizado.

TABLA VI
COMPARACION ENTRE EL CONTENIDO PROMEDIO DE AMINOACIDOS DE LAS SELECCIONES DE MAIZ
Y LAS CANTIDADES QUE ESTABLECE LA PROTEINA DE REFERENCIA DE LA F.A.O.

AMINOACIDO	Patrón Proteico FAO mg/g N	Maíces promedio ² mg/g N	Puntaje mg/g N	Maíces promedio ³ mg/g N	Puntaje mg/g N	Endos- permo ⁴ mg/g N	Germen ⁴ mg/g N	Maíz ⁶ mg/g N	Maíz ⁷ mg/g N	Puntaje mg/g N
Arginina	—	365	—	219	56.3	220	489	269	298	—
Histidina	—	191	—	132	—	129	200	140	150	—
Isoleucina	270	307	—	185	—	289	249	282	277	—
Leucina	306	694	—	762	—	810	444	752	704	—
Lisina	270	180	66.6	152	56.3	180	341	206	228	84.5
Metionina	—	—	—	66	—	116	100	—	—	—
Cistina	270	148	54.8	86	56.3	81	56	191	185	68.5
Fenilalanina ¹	180	307	—	298	—	284 ⁵	208 ⁵	272 ⁶	262 ³	—
Treonina	180	175	97.3	192	—	249	268	258	255	—
Triptófano	90	32	35.6	32	35.6	38	62	42	45	50.0
Valina	270	328	—	258	95.6	319	340	322	326	—
Nitrógeno, %	—	—	—	—	—	—	—	1.82	2.16	—

1. Fenilalanina + Tirosina.
2. 82.3% del endospermo + 9.8% del germen + 7.9% de la cáscara (valores promedio de los maíces de México).
3. 82.4% del endospermo + 11.6% del germen + 6.0% de la cáscara (valores promedio de los maíces de Guatemala).
4. Valores obtenidos de Orr, M. L., y Watt, B. K., "Amino Acid Content of Foods", USDA Report No. 4, 1957.
5. Tirosina = 148 mg/g N (germen).
" = 382 mg/g N (endospermo).
6. g/g N del endospermo = 1.53.
g/g N del germen = 0.29.
7. g/g N del endospermo = 1.53.
g/g N del germen = 0.63.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Aguirre, F.; Robles, C. E., y Scrimshaw, N. S.—“The nutritive value of Central American corns. II Lysine and methionine content of twentythree varieties grown in Guatemala”. *Food Research* 18: 268, 1953.
“El valor nutritivo de las variedades de maíz cultivadas en Centro-América. II. Contenido de lisina y metionina en veintitrés variedades de Guatemala”. *Suplemento N° 1 del Boletín de la OSP, “Publicaciones Científicas del INCAP”*, p. 89-95, 1953.
- (2) Aguirre, F.; Bressani, R., y Scrimshaw, N. S.—“The nutritive value of Central American corns. III. Tryptophane, niacin, thiamine and riboflavin content of twenty-three varieties in Guatemala. *Food Research* 18: 273, 1953.
“El valor nutritivo de las variedades de maíz cultivadas en Centro-América. III. Contenido de triptófano, niacina, tiamina y riboflavina en veintitrés variedades de Guatemala.” *Suplemento N° 1 del Boletín de la OSP, “Publicaciones Científicas del INCAP”*, p. 95-103, 1953.
- (3) Anónimo.—“Improvement of nutrient value of food by plant breeding, guided by chemical control.” *Nutrition Reviews* 7: 186, 1949.
- (4) Anónimo.—“Improvement of the nutritive value of corn by plant breeding and selection.” *Nutrition Reviews* 8: 241, 1950.
- (5) Anónimo.—“Improving the nutritive value of corn.” *Nutrition Reviews* 10: 70, 1952.
- (6) Anónimo.—“Nutritive value of corn.” *Nutrition Reviews* 11: 50, 1953.
- (7) Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis*, Association of Official Agricultural Chemists, 7^a ed., Washington, D. C., 1950.
- (8) Breese Jones, D., y Widness, K. D.—“The comparative growth-promoting value of the problems of wheat germ, corn germ and of some other protein foods of plant and animal origin.” *J. Nutrition* 31: 675, 1946.
- (9) Bressani, R.—“I. Corn protein studies. II. A factor in corn which improves the growth of rats on amino acid diets. III. Studies on amino acid requirements.” Trabajo de tesis llevado a cabo en el Departamento de Bioquímica de la Universidad de Purdue, Lafayette, Indiana, EE.UU., previo a obtener el título de Ph.D. en Bioquímica, 1956.
- (10) Bressani, R.; Arroyave, G., y Scrimshaw, N. S.—“The nutritive value of Central American corns. I. Nitrogen, ether extract, crude fiber, and minerals of twenty-four varieties in Guatemala.” *Food Research* 18: 261, 1953.
“El valor nutritivo de las variedades de maíz cultivadas en Centro-América. I. Nitrógeno, extracto etéreo, fibra cruda y minerales de veinticuatro variedades de Guatemala.” *Suplemento N° 1 del Boletín de la OSP, “Publicaciones Científicas del INCAP”*, p. 80-88, 1953.

- (11) Bressani, R., y Mertz, E. T.—“Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties.” *Cereal Chem.* 35: 227, 1958.
- (12) Bressani, R.; Scrimshaw, N. S.; Béhar, M., y Viteri, F.—“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.
- (13) Bressani, R., y Scrimshaw, N. S.—“Effect of lime treatment on *in vitro* availability of essential amino acids and solubility of protein fractions in corn.” *J. Agr. and Food Chem.* 6: 774, 1958.
- (14) Elvehjem, C. A., y Krehl, W. A.—“Dietary inter-relationship and imbalance in nutrition.” *Borden's Rev. Nut. Res.* 16: 69, 1955.
- (15) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Protein Requirements. Report of the FAO Committee, Roma, Italia, 24 a 31 de octubre de 1955. FAO Nutritional Studies No. 16, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia, 1957.
- (16) Hamilton, L. F., y Simpson, S. G.—Talbot's Quantitative Chemical Analysis, 9^a ed., The MacMillan Company, New York, 1946.
- (17) Hogan, A. G.; Gillespie, G. T.; Köcturk, O.; O'Dell, B. L., y Flynn, L. M.—“The percentage of protein in corn and its nutritional properties.” *J. Nutrition* 57: 225, 1955.
- (18) Instituto de Nutrición de Centro-América y Panamá. Suplemento No. 2 del Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, “Publicaciones Científicas del Instituto de Nutrición de Centro-América y Panamá”, p. 38-173, 1955.
- (19) Mertz, E. T., y Bressani, R.—“Studies on corn proteins. I. A new method of extraction.” *Cereal Chem.* 34: 63, 1957.
- (20) Mertz, E. T.; Lloyd, N. E., y Bressani, R.—“Studies on corn proteins. II. Electrophoretic analysis of germ and endosperm extracts.” *Cereal Chem.* 35: 146, 1958.
- (21) Mitchell, H. H., y Beadles, J. R.—“Corn germ: a valuable protein food.” *Science* 99: 129, 1944.
- (22) Sauberlich, H. E.; Wan-Yuin Chang, y Salmon, W. D.—“The amino acid and protein content of corn as related to variety and nitrogen fertilization.” *J. Nutrition* 51: 241, 1953.
- (23) Sauberlich, H. E.; Wan-Yuin Chang, y Salmon, W. D.—“The comparative nutritive value of corn of high and low protein content for growth in the rat and chick.” *J. Nutrition* 51: 623, 1953.
- (24) Schneider, E. O.; Earley, E. B., y DeTurk, E. E.—“Nitrogen fractions of the component parts of the corn kernel as affected by selection and soil nitrogen.” *Agronomy J.* 44: 161, 1952.
- (25) Scrimshaw, N. S.; Bressani, R.; Béhar, M., y Viteri, F.—“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.
- (26) Steele, B. F.; Sauberlich, H. E.; Reynolds, M. S., y Bauman, C. A.—“Media for leuconostoc mesenteroides P-60 and leuconostoc citrovorum 8081.” *J. Biol. Chem.* 177: 533, 1949.