Evaluación, en niños, de la calidad de la proteína del maíz opaco-2[1]

RICARDO BRESSANI[2], JORGE ALVARADO[3] Y FERNANDO VITERI[4]
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),
Guatemala, C. A.

RESUMEN

Se informa de dos estudios de evaluación de la calidad de la proteína del maíz opaco-2 en comparación con la de la leche, efectuados en 6 niños de 24 a 75 meses de edad y de 10.82 a 19.05 kg de peso corporal. Las pruebas se realizaron a una ingesta proteínica de 1.8 y 1.5 g/kg de peso/día. En el caso de la leche, administrada a dos niveles diferentes, las retenciones de nitrógeno calculadas en base del nitrógeno ingerido fueron de 26.4 y 30.8%, respectivamente. Con el maíz opaco-2, incluido en las dietas también a los mismos niveles, las retenciones fueron de 28.1 y 26.0%. El índice de balance nitrogenado de la leche fue de 0.80 y el del opaco-2 de 0.72, hecho que señala que la calidad de la proteína del opaco-2 equivale a un 90% de la proteína de la leche.

La digestibilidad aparente fue de 73.5% para el maíz opaco-2, y de 82.8% para la leche. La ingesta menor de proteína, de 1.5 g/kg/día, equivale a una ingesta de 140 a 230 g de maíz por día, cantidad que es similar a la que consumen habitualmente los niños de edad preescolar en Guatemala. El maíz común, consumido a los mismos niveles de ingesta, se traduce en balances negativos de nitrógeno, en contraposición a lo que se observó en el presente estudio con el maíz opaco-2.

---

1 Este trabajo se llevó a cabo con asistencia financiera de los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de los Estados Unidos de América (Subvención No. AM-03811).

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

3 Jefe de la Unidad de Estudios Clínicos y Metabólicos, División Biomédica del INCAP.

4 Jefe de la misma División Biomédica.

Publicación INCAP E-404
Recibido: 5-6-1968

INTRODUCCION

Estudios recientes de Mertz y colaboradores (1) indican que el gen opaco-2 del maíz influye significativamente en su contenido de lisina y triptofano, induciendo un descenso en la cantidad de la zeína y el aumento consiguiente en las glutelinas del endospermo del grano (1, 2). Evidentemente, estos hallazgos son de gran importancia nutricional para las poblaciones cuya alimentación habitual es a base de maíz, ya que es un hecho comprobado que este cereal es deficiente en los aminoácidos lisina y triptofano (3-8).

La calidad de la proteína del maíz opaco-2 ha sido evaluada en ratas (8, 9), pollos (10, 11) y cerdos (12); estos estudios han revelado que la calidad de la proteína del maíz opaco-2 es superior a la del maíz común y a la de algunos otros alimentos (11). Se ha informado, asimismo, del uso del maíz opaco-2 como componente de fórmulas vegetales adecuadas en su contenido de proteína, tanto en términos de cantidad como de calidad, a utilizar como suplementos proteínicos de dietas para consumo humano (13).

En el presente artículo se describen los resultados de estudios llevados a cabo en niños con el propósito de evaluar la calidad de la proteína del opaco-2, en comparación con la leche.

MATERIAL Y METODOS

El maíz opaco-2 que se utilizó en estos estudios fue cultivado en el Estado de Indiana (EE.UU.) en 1965, habiendo sido remitido al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) por el Departamento de Bioquímica de la Universidad de Purdue. Previo a la iniciación de los estudios en niños, el maíz fue procesado con hidróxido de calcio, aplicando el procedimiento que corrientemente se emplea en Guatemala para preparar el maíz destinado a consumo humano. Dicho método y los efectos de este tratamiento han sido descritos anteriormente (8). El maíz preparado en esta forma (masa) se deshidrató y analizó seguidamente para determinar su composición química proximal (14), almacenándose a 4°C hasta la iniciación de los estudios.

La calidad de la proteína de la masa del maíz opaco-2 se evaluó por el método de balance de nitrógeno. Se emplearon para este propósito un total de 6 niños sanos en dos experimentos. Dos de estos niños (casos PC-162 y PC-163) fueron usados en ambos ensayos. En ambos experimentos quedaron incluidos 4 niños. La edad, peso y distribución de todos los niños se detallan en el Cuadro Nº 1. Los niños fueron alimentados durante 13 días con leche íntegra a los niveles de ingesta indicados en el mismo Cuadro, y a una ingesta calórica constante de 100 calorías/kg de peso corporal/día.

CUADRO Nº 1

DESCRIPCION DE LOS NIÑOS INCLUIDOS EN LOS ESTUDIOS DE EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA PROTEINA DEL MAIZ OPACO-2

Niño PC	Edad (meses)	Peso kg	Ingesta de proteína g/kg/día
154	42	13.8	1.8
159	28	10.8	1.5
160	60	19.0	1.5
162	26	10.9	1.5 y 1.8
163	24	11.4	1.5 y 1.8
164	74	13.6	1.8

Después de la dieta a base de leche, los niños recibieron el maíz opaco-2 por 13 días, utilizándose éste como ingrediente de la dieta representativa cuya composición se describe en el Cuadro Nº 2. En la última fase del estudio los niños fueron alimentados con la misma leche que se usó en la primera etapa. Durante todo el estudio los niños recibieron diariamente suplementos vitamínicos y minerales[5]. De los 13 días de cada período los 4 primeros fueron de adaptación a la dieta, y los últimos 9 se usaron para recolectar heces y orina, en períodos de 3 días cada uno, a fin de obtener así tres balances (4-6). La orina se recolectó en botellas que contenían 1% de ácido acético, almacenándose entre hielo. Al cabo de cada 3 días las

5 Abdecol, 0.6 cc/día; sulfato ferroso, 0.32 g/día.

CUADRO Nº 2

COMPOSICION DE UNA DIETA REPRESENTATIVA DE LAS ADMINISTRADAS A LOS NIÑOS INCLUIDOS EN EL ESTUDIO[1]

Ingredientes	DIETAS A BASE DE	
	Maíz opaco-2 g/día	Leche íntegra g/día
Maíz opaco-2	194 [2]	—
Leche íntegra	—	69 [2]
Azúcar	95	60
Maicena	—	25
Dextro Malto	—	102
Margarina	23	9
Sal	1	1
Agua	887	934

1 Dieta consumida por el niño PC-163.

2 La cantidad varió según el peso del niño y su nivel de ingesta proteínica.

excreciones totales de heces y orina y una muestra del alimento fueron trasladadas al laboratorio para su análisis Los materiales fueron pesados o bien se midió su volumen, se homogeneizaron y se tomaron alícuotas para determinar su contenido de nitrógeno utilizando el método de macro-Kjeldahl.

RESULTADOS

Los resultados promedio de los balances de nitrógeno por dieta, para cada caso y al nivel de ingesta de 1.8 g de proteína, se resumen en el Cuadro Nº 3, datos que también se presentan en el Cuadro Nº 4, esta vez, al nivel de ingesta de 1.5 g de proteína/kg de peso/día.

Según se observa, no hay diferencias significativas en cuanto a retención de nitrógeno entre los niños alimentados con las dietas a base de leche y de maíz opaco-2 —cualquiera que sea el nivel de ingesta de proteína— aunque sí acusan diferencias en lo concerniente a absorción de nitrógeno.

Los datos del estudio de balance correspondiente a ambas dietas y a los dos niveles de ingesta proteínica constan en el Cuadro Nº 5. De nuevo se nota aquí poca diferencia, en tér-

CUADRO Nº 3

RESULTADOS PROMEDIO DE LOS BALANCES DE NITROGENO EN NIÑOS ALIMENTADOS CON LECHE INTEGRA Y MAIZ OPACO-2

(1.8 g de proteína/kg/día)

Niño PC	Proteína	NITROGENO						
		Ingerido mg/kg/día	Fecal mg/kg/día	Orina mg/kg/día	Absorbido mg/kg/día	Retenido mg/kg/día	Absorbido % de ingesta	Retenido % de ingesta
162	Leche	258	30	171	228	57	88.4	22.1
	Opaco-2	305	65	125	240	115	78.7	37.7
	Leche	266	35	135	231	96	86.8	36.1
163	Leche	288	41	166	247	81	85.8	28.1
	Opaco-2	298	87	130	211	81	70.8	27.2
	Leche	281	36	161	245	84	87.2	29.9
164	Leche	286	86	126	200	74	69.9	25.9
	Opaco-2	303	70	150	233	83	76.9	27.4
	Leche	275	74	126	200	74	72.7	26.9
154	Leche	265	40	174	225	51	84.9	19.2
	Opaco-2	295	62	163	233	70	79.0	23.7
	Leche	261	23	188	238	50	91.2	19.2

CUADRO Nº 4

RESULTADOS PROMEDIO DE LOS BALANCES DE NITROGENO EN NIÑOS ALIMENTADOS CON LECHE INTEGRA Y MAIZ OPACO-2

(1.5 g de proteína/kg/día)

Niño PC	Proteína	NITROGENO						
		Ingerido mg/kg/día	Fecal mg/kg/día	Orina mg/kg/día	Absorbido mg/kg/día	Retenido mg/kg/día	Absorbido % de ingesta	Retenido % de ingesta
159	Leche	185	29	94	156	62	84.3	33.5
	Opaco-2	234	60	123	174	51	74.3	21.8
	Leche	195	26	133	169	36	86.7	18.5
160	Leche	199	33	79	166	87	83.4	43.7
	Opaco-2	221	61	97	160	63	72.4	28.5
	Leche	183	31	104	152	48	83.1	26.2
162	Leche	187	35	87	152	65	81.3	34.7
	Opaco-2	245	58	121	187	66	76.3	26.9
	Leche	191	38	102	153	51	80.1	26.7
163	Leche	177	28	92	149	57	84.2	32.2
	Opaco-2	254	94	92	160	68	63.0	26.8
	Leche	190	40	109	150	41	78.9	21.6

CUADRO Nº 5

RESUMEN DE LOS BALANCES DE NITROGENO DE NIÑOS ALIMENTADOS CON LECHE INTEGRA O CON MAIZ OPACO-2

Tratamiento	N I T R O G E N O						
	Ingerido mg/kg/día	Fecal mg/kg/día	Orina mg/kg/día	Absorbido mg/kg/día	Retenido mg/kg/día	Absorbido % de ingesta	Retenido % de ingesta
Leche	277	52	157	225	68	81.2	24.5
Opaco-2	295	72	140	223	83	75.6	28.1
Leche	271	42	152	229	77	84.5	28.4
Leche	187	31	88	156	68	83.4	36.4
Opaco-2	238	68	108	170	62	71.4	26.0
Leche	190	34	108	156	48	82.1	25.3

minos de retención de nitrógeno, entre la leche descremada y el maíz opaco-2, al nivel alto de ingesta. Sin embargo, al reducir el nivel, la retención con leche fue superior por lo menos en el primer estudio de balance con este alimento. Es importante destacar que en el segundo balance, en el que se usó leche al nivel menor de proteína, las retenciones fueron menores que las obtenidas con las dietas a base de opaco-2 y que las correspondientes al primer estudio de balance de nitrógeno con la dieta de leche. Es posible que estos resultados se hayan debido a que dos de los casos desarrollaron infección respiratoria que, de inmediato, se tradujo en un aumento en la excreción urinaria de nitrógeno.

DISCUSION

Los resultados del presente estudio, en niños, confirman el alto valor nutritivo de la proteína del maíz opaco-2, determinado previamente en animales de experimentación (8-11). Clark (15), en un estudio reciente con adultos, encontró que el maíz opaco-2 es de alto valor nutritivo, necesitándose alrededor de 250 g de este grano para obtener equilibrio de nitrógeno. Postuló, por lo tanto, que una ingesta diaria de 300 g posiblemente sea adecuada para hombres con un peso promedio de 70 kg, siempre que se satisfagan las necesidades calóricas. En la investigación aquí descrita, las cantidades de maíz opaco-2 ingerido por los niños fueron de 16.3 a 16.7 g/kg de peso corporal, y de 12.9 a 14.5 g/kg para las ingestas de 1.8 y 1.5 g de proteína/kg/día, respectivamente. Estas cifras equivalen a ingestas totales de maíz de 140 a 227 g/día, cantidad que es similar a la que comúnmente ingieren de este cereal los niños de Guatemala (16, 17).

Con los datos obtenidos en este estudio y en base de información recabada anteriormente (18), se calculó la relación existente entre la absorción y la retención de nitrógeno de leche y de maíz opaco-2. Esta relación se conoce como índice de balance nitrogenado (19) y constituye una buena medida del valor biológico de las proteínas.

Dicho índice resultó ser de 0.80 para la leche y de 0.72 para el maíz opaco-2, estableciéndose así que el valor proteínico del opaco-2 equivale al 90% del valor biológico de la proteína de la leche.

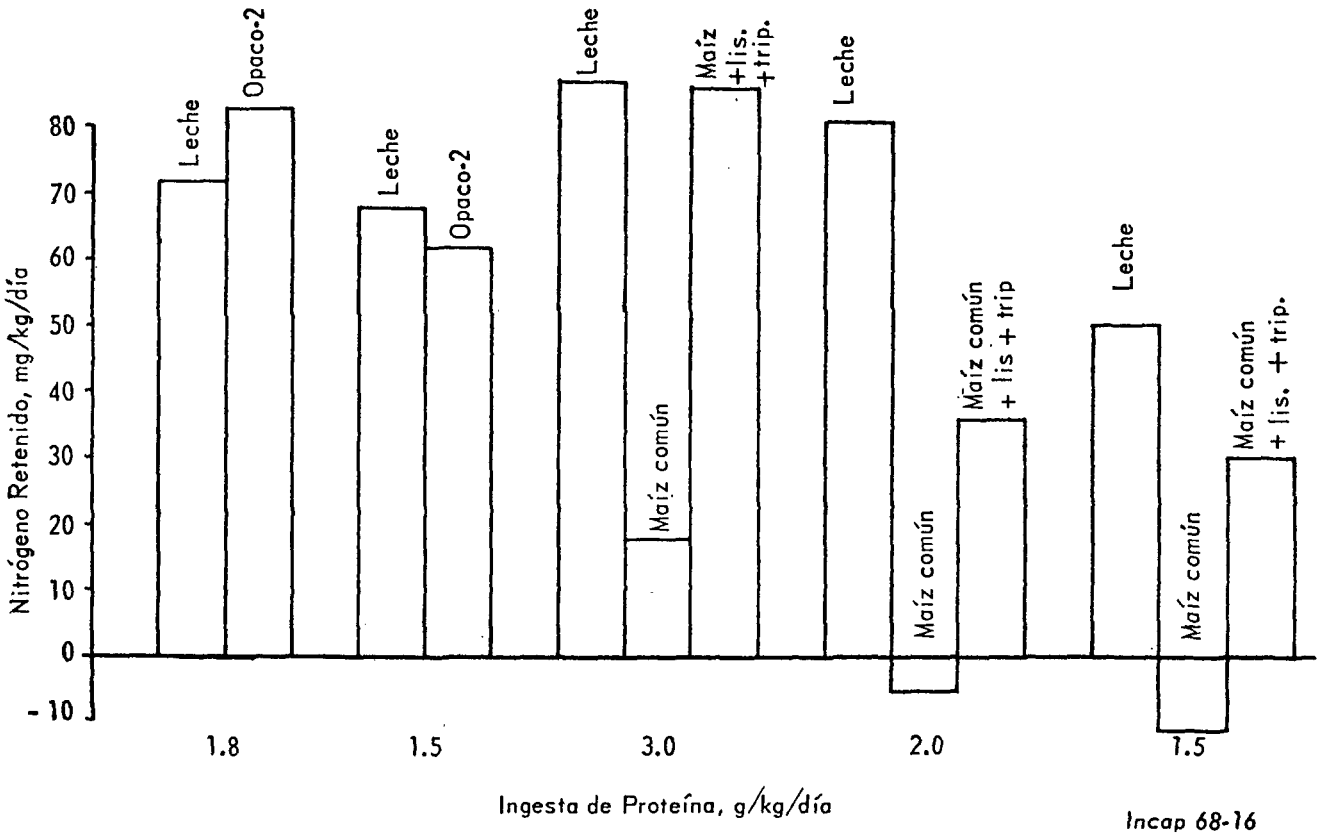

Fig. 1.—Retención de nitrógeno de niños alimentados con leche, maíz común, solo y suplementado, y con maíz opaco-2

La diferencia entre el valor nutritivo de la proteína del maíz opaco-2 y la del maíz corriente se aprecia claramente en la Figura 1, elaborada a partir de datos del presente estudio y de otros publicados anteriormente (4-6). Esta Figura muestra la retención de nitrógeno de grupos de niños alimentados, unos exclusivamente con opaco-2 y otros con maíz común, en ambos casos a niveles diferentes de ingesta de proteína. También se observa el efecto de la suplementación del maíz común con los aminoácidos lisina y triptofano. Es de interés destacar que las ingestas de 400 y aun de 500 g de maíz común resultan en retenciones de nitrógeno muy bajas, y peores aún cuando la ingesta de maíz se reduce a 200 ó 300 g/día. Por el contrario, las ingestas de 140 a 230 g de opaco-2, por niño, por día, inducen retenciones positivas que hasta exceden las obtenidas con el maíz común adicionado de lisina y triptofano, hecho sugerente de que todavía es necesario suplementarlo con otros aminoácidos a fin de hacerlo comparable en términos de valor proteínico, al maíz opaco-2.

Las diferencias entre el maíz opaco-2, el maíz común y este último suplementado con lisina y triptofano, se deben al mejor balance de aminoácidos esenciales que hay en el opaco-2, puesto que la digestibilidad de los tres es esencialmente igual.

La información presentada indica claramente la superioridad de la proteína del maíz opaco-2 sobre la del maíz común, hecho que, sin lugar a dudas, es de gran interés para las poblaciones que consumen ese cereal en altas proporciones como parte de su dieta habitual. Deben hacerse, por lo tanto, todos los esfuerzos posibles para lograr que la introducción del gen opaco-2 en los maíces de cultivo local que nuestras poblaciones consumen, sea una pronta realidad.

SUMMARY

Evaluation in children of the protein quality of opaque-2 maize

The paper presents the results of two studies concerning the evaluation of the protein quality of opaque-2 corn using milk as reference protein. The study was carried out with 6 children 24-75 months of age and weighing between 10.82 to 19.05 Kg. Protein intake from the two foods was tested at 1.8 and 1.5 g/kg/day.

Nitrogen retention on milk at the two levels of intake averaged 26.4 and 30.8%, respectively. On the other hand, opaque-2 corn gave nitrogen

retention values at comparable levels of intake of 28.1 and 26.0%. The nitrogen balance index of milk protein was 0.80, while that of opaque-2 corn was 0.72, which suggests that the quality of opaque-2 corn protein is 90% of that of milk.

The apparent digestibility was 73.5% for opaque-2 corn and 82.8% for milk. It was calculated that the lower level of protein intake of 1.5 g/kg/day is equivalent to 140 to 230 g of corn per child; this amount is similar to the usual corn intake of preschool children in Guatemala.

Common corn consumed in those amounts will result in negative nitrogen balance.

BIBLIOGRAFIA

(1) Mertz, E. T., L. S. Bates & O. E. Nelson.—Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. **Science, 145:** 279-280, 1964.

(2) Concon, J. M.—The proteins of opaque-2 maize. En: Proc. of the High Lysine Corn Conference, June 21-22, 1966 - Purdue University Lafayette, Indiana, published by Corn Industries Research Foundation, a division of Corn Refiners Assoc., Inc., Washington, D. C., p. 67-73.

(3) Howe, E. E., G. R. Jansen & E. W. Gilfillan.—Amino acid supplementation of cereal grains as related to the world food supply. *Amer. J. Clin. Nutrition*, **16:** 315-320, 1965.

(4) Scrimshaw, N. S., R. Bressani, M. Béhar & 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:** 485-499, 1958.

(5) Bressani, R., N. S. Scrimshaw, M. Béhar & F. Viteri.—Supplementation of cereal proteins with amino acids. II. Efect of amino acid supplementation of corn masa at intermediate levels of protein intake on the Nitrogen retention of young children. **J. Nutrition, 66:** 501-513, 1958.

(6) Bressani, R., D. Wilson, M. Chung, M. Béhar & 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:** 80-84, 1963.

(7) Bressani, R. & E. Marenco.—The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamins. **J. Agr. Food Chem., 11:** 517-522, 1963.

(8) Bressani, R., L. G. Elías & R. A. Gómez-Brenes.—Protein quality of opaque-2 corn. Evaluation in rats. **J. Nutrition, 97:** 173-180, 1969.

(9) Mertz, E. T., O. A. Veron, L. S. Bates & O. E. Nelson.—Growth of rats fed on opaque-2 maize. **Science, 148:** 1741-1742, 1965.

(10) Cromwell, G. L., J. C. Rogler, W. R. Featherson & R. A. Pickett. Nutritional value of opaque-2 corn for the chick. **Poultry Sci., 46:** 705-712, 1967.

(11) Bressani, R. & R. Jarquín.—La calidad de la proteína del opaco-2. Evaluación en pollos. En preparación.

(12) Pickett, R. A.—Opaque-2 corn in swine nutrition. En: Proc. of the High Lysine Corn Conference, June 21-22, 1966 - Purdue University, Lafayette, Indiana, published by Corn Industries Research Foundation, a division of Corn Refiners Assoc., Inc., Washington, D. C., p. 19-22.

(13) Bressani, R. & L. G. Elías.—Studies on the use of opaque-2 corn in vegetable protein-rich foods. **J. Agric. Food Chem.** (en prensa).

(14) Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists.** 9th ed., Washington, D. C., 1960.

(15) Clark, H. E.—Opaque-2 corn as a source of protein for adult human subjects. En: Proc. of the High Lysine Corn Conference, June 21-22, 1966 - Purdue University, Lafayette, Indiana, published by Corn Industries Research Foundation, a division of Corn Refiners Assoc., Inc., Washington, D. C., p. 40-44.

(16) Flores, M.—Food patterns in Central America and Panama. En: Tradition Science and Practice in Dietetics. Yorkshire, Great Britain: Wm. Byles and Sons Limited of Bradford, 1961, p. 23-27.

(17) Braham, J. E., R. Bressani, S. de Zaghi & M. Flores.—Supplementary value of INCAP Vegetable Mixture 9 in the diets of average school children in rural Guatemala. **J. Agric. Food. Chem.**, 13: 594-597, 1965.

(18) Bressani, R., F. Viteri, D. Wilson & J. Alvarado.—The endogenous urinary and fecal nitrogen excretion of children and the nutritive value of various animal and vegetable proteins for human nutrition. Enviado para publicación al **J. Nutrition.**

(19) Allison, J. B. & J. A. Anderson.—The relation between absorbed nitrogen, nitrogen balance, and biological value of proteins in adult dogs. **J. Nutrition, 29: 413-420, 1945.**