

# SIMPOSIO

## SOBRE DESARROLLO Y UTILIZACION DE MAICES DE ALTO VALOR NUTRITIVO

*(Memoria)*

Junio 29 y 30, 1972

CENTRO MÉDICO NACIONAL DEL IMSS - MÉXICO, D.F.

Colegio de Postgraduados, ENA

Chapingo, México

SAC. - 1973

# EVALUACION NUTRICIONAL DEL MAIZ OPACO-2 EN NIÑOS Y ADULTOS

Ricardo Bressani \*

## INTRODUCCIÓN

Presentaciones anteriores, en esta y muchas otras conferencias, han indicado una y otra vez el alto consumo de maíz en algunos países del continente latinoamericano, así como también en diversos países del continente africano. Asimismo, se ha demostrado muchas veces que la baja calidad de las proteínas del maíz común se debe a deficiencias en los aminoácidos esenciales: lisina y triptofano. Cuando se reconoció que el contenido de estos nutrientes esenciales eran controlados por factores genéticos del maíz, dando origen a lo que hoy día se conoce como maíz Opaco-2, nutricionistas en los continentes con poblaciones consumidoras del mencionado cereal, pensaron que la introducción de ese maíz mejorado contribuiría a la solución del problema de calidad proteínica de la dieta de los consumidores.

Han pasado ocho años desde que ese gran descubrimiento se ofreció al mundo, y es penoso ver que su implementación está tomando más tiempo del que al principio se había considerado.

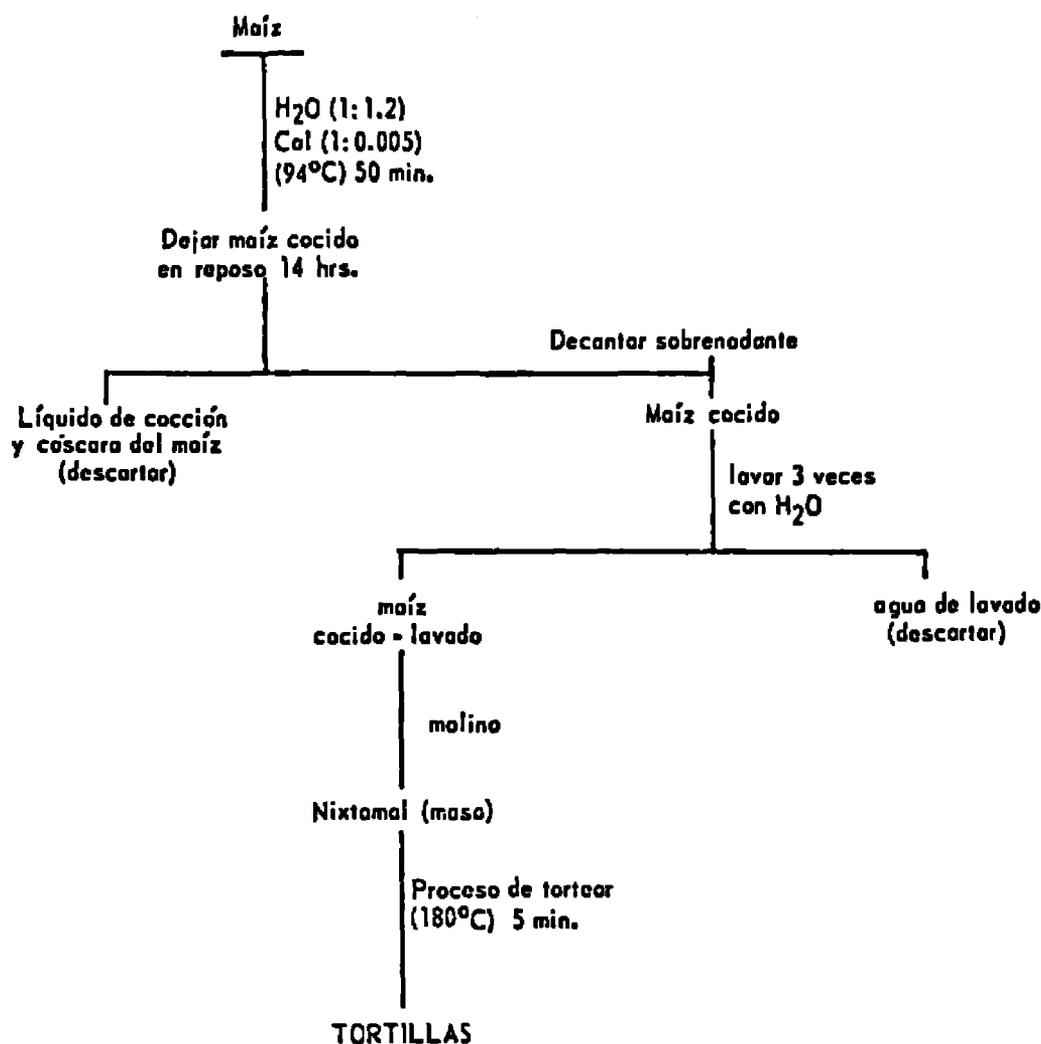
La información que será presentada en esta plática, representa un resumen y análisis de los pocos estudios que se han realizado en seres humanos en varias partes del mundo. Resultados sólidos y consistentes que indican que la calidad proteínica del maíz con el gene Opaco-2 es muy superior a la del maíz común.

## ESTUDIOS EN NIÑOS

Uno de los primeros informes sobre la calidad de la proteína del maíz Opaco-2 en niños, fue realizada poco tiempo después de que Mertz y sus colaboradores<sup>1</sup> anunciaron el efecto del gene Opaco-2, que consiste en aumentar la cantidad de lisina y triptofano del maíz.

El maíz Opaco-2 que se utilizó en los estudios del INCAP,<sup>2</sup> fue cultivado en el estado de Indiana (E.E.U.U.) en 1965. Previo a la iniciación de los estudios, el maíz fue procesado con hidróxido de calcio, como se indica en la Figura 1, aplicando el procedimiento que corrientemente se emplea en Guatemala para preparar el maíz

Doctor. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.



Incap 72-333

FIGURA 1. Procesamiento del maíz para la preparación de tortilla en Guatemala (método casero)

destinado a consumo humano.<sup>3</sup> Esta preparación (masa) se deshidrató y analizó seguidamente para determinar su composición química proximal y contenido de lisina, triptofano y niacina.<sup>4, 5</sup> Estos datos se presentan en el Cuadro 1. Se puede notar que el proceso al cual se sometió el grano Opaco-2 no causó cambios significativos en la masa ni en la tortilla. Pruebas biológicas en ratas, confirmaron los resultados.

La calidad de la proteína de la masa del maíz Opaco-2 en niños, se evaluó por el método de balance de nitrógeno. Se emplearon para este propósito, un total de seis niños sanos en dos experimentos, usando cuatro niños por experimento.<sup>2</sup> Los niños fueron alimentados durante 13 días con leche íntegra, a los niveles de ingesta proteínica de 1.8 o 1.5 g, y a una ingesta calórica constante de 100 calorías/kg de peso corporal/día.

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 2. En la última fase del estudio, los niños fueron alimentados con la misma leche que se usó en la primera etapa. Durante la prueba los niños

recibieron diariamente suplementos vitamínicos y minerales. De los 13 días de cada período, los cuatro primeros fueron de adaptación a la dieta y los últimos nueve se usaron para recolectar heces y orina, en períodos de tres días cada uno, a fin de obtener así tres balances. La orina se recolectó en botellas que contenían 1% de ácido acético que se almacenaron en hielo. Al cabo de cada tres días, las excreciones totales de heces y orina y una muestra del alimento, fueron analizadas por su contenido de nitrógeno.

## CUADRO 1

*Contenido de nitrógeno, lisina, triptofano y niacina en el maíz Opaco-2 y sus productos \**

	Nitrógeno por ciento	Lisina g/16gN	Triptofano g/16gN	Niacina mg/100 g
Maíz	1.64	4.5	1.5	2.20
Masa	1.67	4.6	1.5	2.47
Tortilla	1.64	4.2	1.5	2.01

\* Tomado de Bressani. 4 \*

## CUADRO 2

*Composición de una dieta representativa de las administradas a los niños incluidos en el estudio \**

Ingredientes	Dietas a base de	
	Maíz Opaco-2 g/día	Leche Integra g/día
Masa de maíz Opaco-2	194	—
Leche integra	—	69
Azúcar	95	60
Maicena	—	25
Dextro Malto	—	102
Margarina	23	9
Sal	1	1
Agua	887	934

\* Tomado de Bressani y colaboradores. 5

Los resultados promedios de los balances de nitrógeno por dieta, al nivel de ingesta de 1.8 g de proteína, se resumen en el Cuadro 3. El mismo cuadro en la parte inferior muestra las retenciones nitrogenadas cuando la ingesta de proteína se redujo a 1.5 g/kg de peso/día.

Según se observa, no hubo diferencias significativas en cuanto a retención de nitrógeno entre los niños alimentados con las dietas a base de leche y de maíz Opaco-2,

\* Alderol: 0.6 cc/día; sulfato ferroso: 0.32 g/día.

## CUADRO 3

*Resumen de los balances de nitrógeno de niños alimentados con leche íntegra  
o con maíz Opaco-2 \**

Tratamiento	NITROGENO						
	Ingerido	Fecal	Orina	Absorbido	Retenido	Absorbido	Retenido
	mg/kg/día			mg/kg/día		Por ciento 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

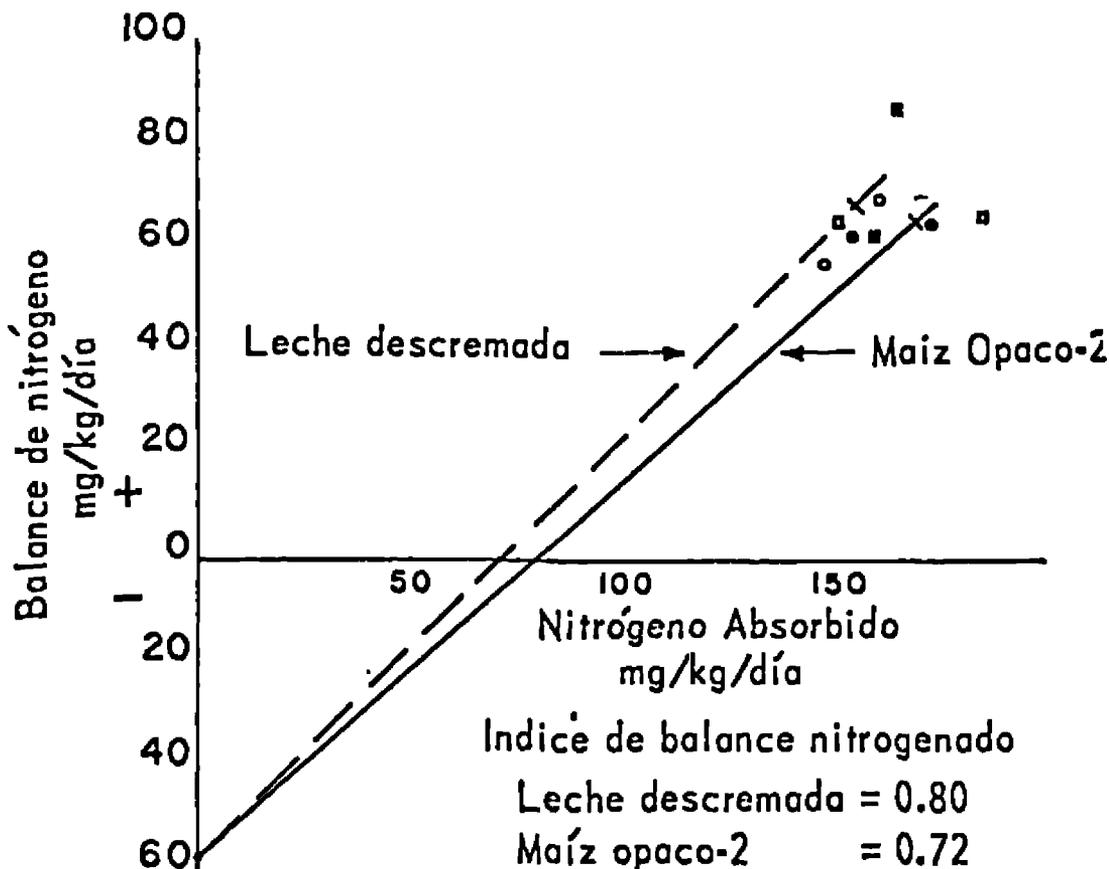
\* Tomado de Bressani y colaboradores \*

cuando el nivel de ingesta de proteína fue de 1.8 g/kg/día. Los datos demuestran diferencias en lo concerniente a absorción de nitrógeno.

Al reducir el nivel de ingesta proteínica, la retención con leche fue superior, por lo menos en el primer período de balance con este alimento. Es importante destacar que en el tercer período de 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 balance de nitrógeno con la dieta de leche. Es posible que estos resultados se hayan debido a que dos de los niños desarrollaron infección respiratoria que se tradujo de inmediato en un aumento en la excreción urinaria de nitrógeno. La digestibilidad aparente en estos estudios para el maíz Opaco-2 fue de 73.5% en promedio. Haciendo uso del nitrógeno metabólico fecal determinado en niños, la digestibilidad verdadera para el maíz Opaco-2 fue de 83.8% para las dos ingestas de proteína.

De los resultados presentados, 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 de peso corporal, para las ingestas de 1.8 y 1.5 g de proteína/kg/día, respectivamente. Estas cifras equivalen a ingestas totales de maíz de 110 a 227 g/día, cantidad que es similar a la que, de este cereal, ingieren comúnmente los niños de Guatemala.<sup>6</sup>

Con los datos obtenidos en este estudio y datos de nitrógeno endógeno urinario,<sup>7</sup>



Incap 72-579

FIGURA 2. Índice de balance nitrogenado de leche descremada y de maíz Opaco-2 (4 niños)

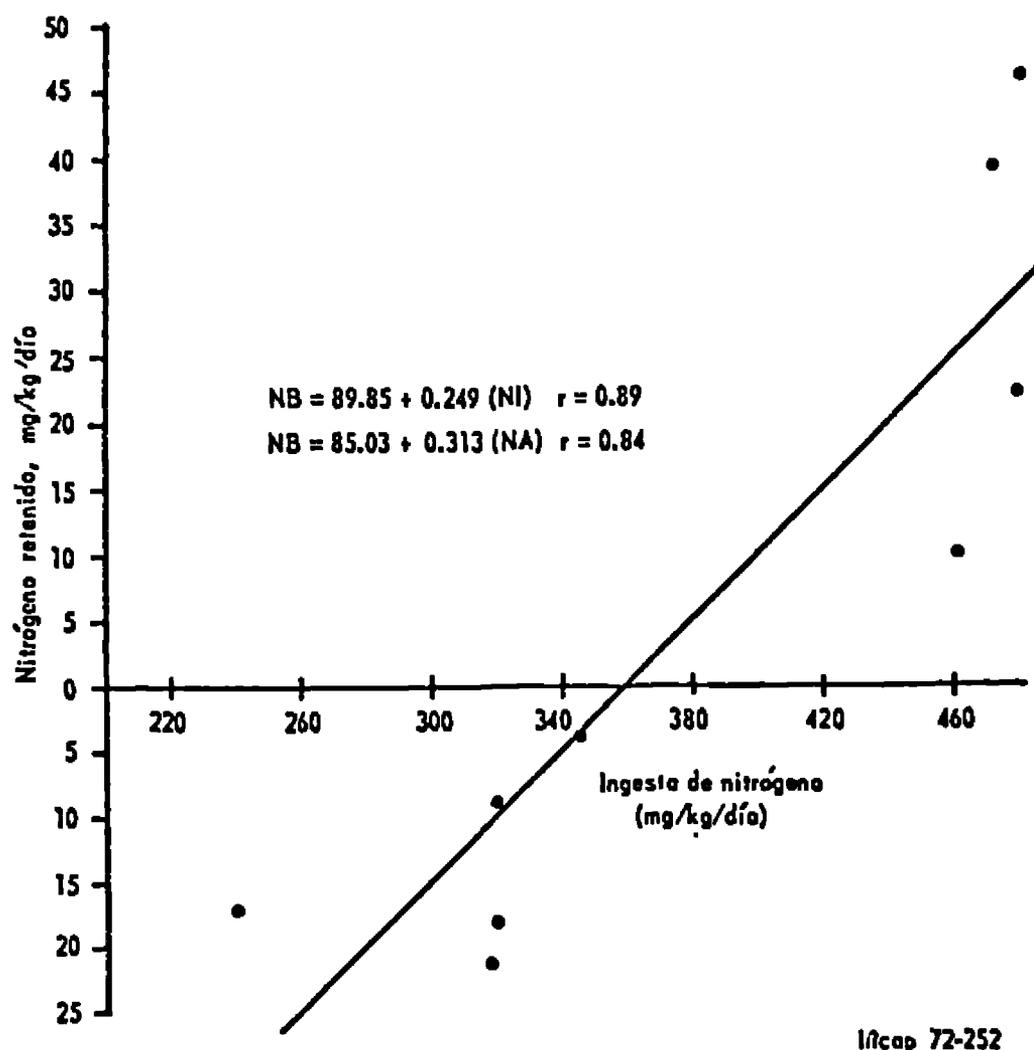


FIGURA 3. Índice de balance nitrogenado de niños alimentados con harinas precocidas de maíz como única fuente de proteína

se calculó la relación existente entre la absorción y la retención de nitrógeno de leche y de maíz Opaco-2, como se muestra en la Figura 2. Esta relación se conoce como índice de balance nitrogenado,<sup>8</sup> y constituye una buena medida del valor biológico de las proteínas. Dicho índice resultó ser de 0.80 para la leche y 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. Al usar la digestibilidad verdadera se calculó que el valor biológico de la proteína del maíz Opaco-2 para el niño es de 87.1%. La figura indica también que 90 mg de nitrógeno absorbido de maíz Opaco-2 son necesarios para tener equilibrio nitrogenado.

Para propósitos comparativos se presenta en la Figura 3 el mismo tipo de análisis para el maíz común evaluado en niños.<sup>9, 10, 11</sup> Se muestran datos de balance de nitrógeno obtenidos de varios estudios llevados a cabo, cuando los niños fueron alimentados con proteínas de maíz como única fuente de proteína en la dieta. En la figura, la ingesta de nitrógeno está relacionada al balance de nitrógeno, puesto que está en sentido afirmativo. También muestra la ecuación de regresión de nitrógeno ingerido a balance de nitrógeno o nitrógeno retenido, y la ecuación de regresión de nitrógeno

absorbido o nitrógeno retenido. Estos datos demuestran de nuevo la baja calidad de la proteína del maíz. El valor biológico calculado de estos datos fue de 32%.

La diferencia entre el valor nutritivo de la proteína del maíz Opaco-2 y la del maíz corriente se aprecia claramente en la Figura 4, elaborada a partir de datos del presente estudio y de otros publicados anteriormente.<sup>9, 10, 11</sup> 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 aun cuando la ingesta de maíz se reduce a 200 o 300 g/día. Por el contrario, las ingestas de 110 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.

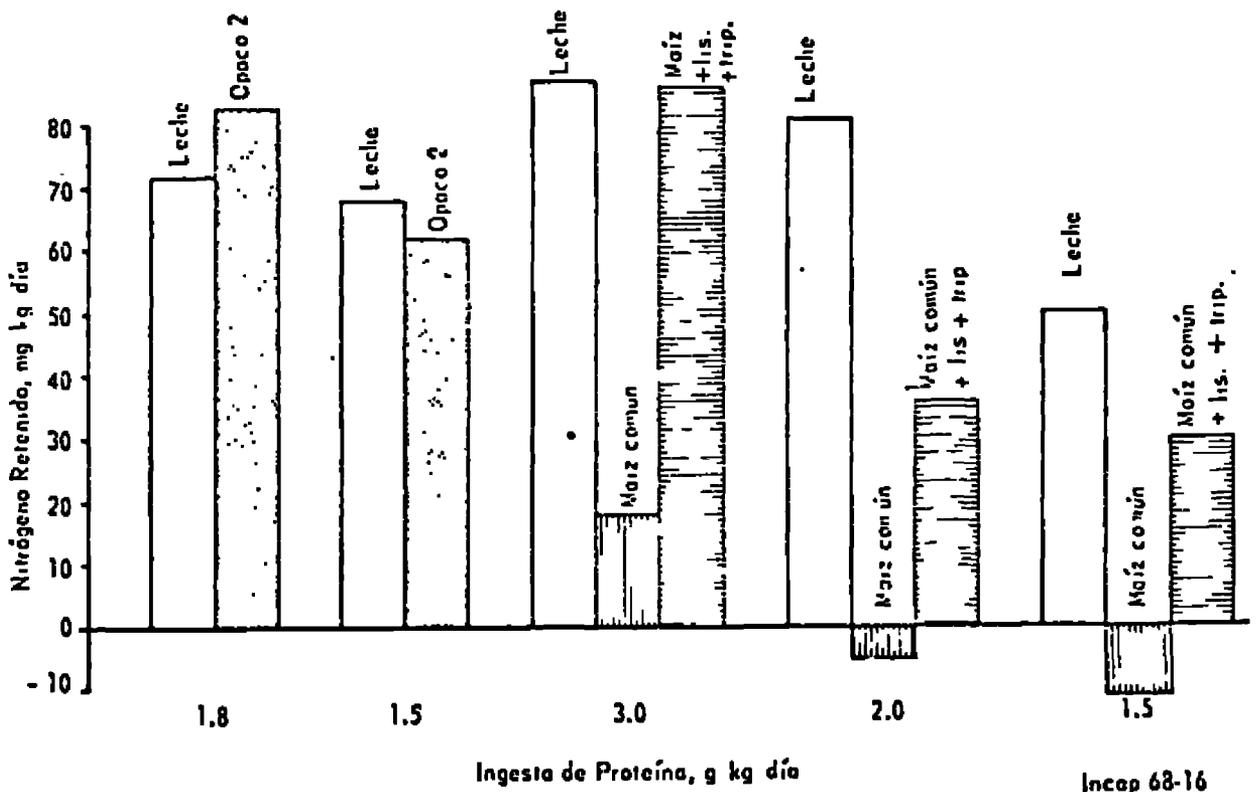


FIGURA 4. Retención de nitrógeno de niños alimentados con leche, maíz común, solo y suplementado, y con maíz Opaco-2

Las diferencias entre el maíz Opaco-2 y el maíz común, 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 parecida.

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 inte-

rés 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 gene Opaco-2 en los maíces de cultivo local que consumen nuestras poblaciones, sea una pronta realidad.

En un estudio informado recientemente, por Luna Jaspe y colaboradores,<sup>12</sup> se comparó en tres niños de 21 a 29 meses de edad y de 5.9 a 10.1 kg de peso la retención de nitrógeno del maíz común, maíz Opaco-2 de Colombia (ICA H-208) y de la leche. La ingesta de proteína y de calorías fue aproximadamente de 1 g y de 100 calorías por kilogramo de peso diariamente. Los resultados del estudio se resumen en el Cuadro 4, donde puede notarse que no hubo diferencias significativas en cuanto a ingesta de nitrógeno se refiere. La retención del nitrógeno fue altamente negativa cuando los niños recibieron el maíz común. La retención del nitrógeno fue negativa cuando los niños recibieron el maíz Opaco-2; sin embargo, fue mucho menor que la obtenida con maíz común, tanto que dos de los niños dieron balance positivo y uno negativo, aunque siempre menos que con maíz común. Finalmente, con leche, un niño dio balance negativo y dos positivo, con un promedio de balance del lado positivo.

Los autores indicaron que la digestibilidad aparente de la proteína del maíz común fue de 61.5%, 57.9% en el maíz Opaco-2 y 66.4% para la leche. Asimismo, concluyeron que el maíz Opaco-2 es de mayor valor nutricional que el maíz común. Sin embargo, apuntaron que su empleo en niños de corta edad y rápida velocidad de crecimiento debe ser cuidadoso, no siendo conveniente recomendarlo como fuente principal de la ingesta proteínica diaria.

Los resultados de estos investigadores están de acuerdo con los dados a conocer por el INCAP,<sup>2, 4</sup> ya que en estos últimos estudios se encontró que con 90 mg de N absorbidos por kg de peso por día, se obtenía equilibrio nitrogenado. Esto se puede observar en la Figura 5, en la cual se han colocado todos los resultados hasta ahora disponibles. Del estudio de los investigadores colombianos se nota que esta cantidad, alrededor de 90 mg de nitrógeno absorbido, da una retención ligeramente negativa. De la gráfica se puede notar que 100 mg de nitrógeno absorbido da equilibrio de nitrógeno. Aunque estas diferencias entre los dos resultados no son significativas, podrían explicarse en base a la edad de los niños, que eran más jóvenes, así como por el peso menor de ellos, en el caso del estudio de Colombia, que en el de los sujetos empleados en el estudio del INCAP, y más importante, que la ingesta de proteína era menor. En todo caso, los datos de esta gráfica sugieren que la ingesta mínima diaria, de aproximadamente 125 g de maíz Opaco-2, es una posible garantía de equilibrio nitrogenado, lo que no se podría lograr ni con el doble de maíz común.

#### ESTUDIOS EN ADULTOS

Hasta la fecha se han publicado dos estudios sobre la evaluación de la calidad de la proteína del maíz Opaco-2 en humanos adultos. En el primero, Clark y colaboradores<sup>13</sup> utilizaron a 10 estudiantes universitarios en dos experimentos de seis y cuatro estudiantes. El método empleado fue el de balance de nitrógeno.

## CUADRO 4

*Resultados de los balances nitrogenados en niños alimentados con maíz común,  
maíz con gene Opaco-2 y leche de vaca \**

Alimento	NITROGENO						
	Ingerido	Fecal	Orina mg/kg/día	Absorbido	Retenido	Absorbido por ciento del N	Retenido ingerido
Maíz común	161	62	153	99	- 54	61.5	- 33.5
Maíz Opaco-2	152	64	96	88	- 8	57.9	- 5.3
Leche	152	51	99	101	+ 2	66.4	+ 1.3

\* Resumido de Luna-Jaspe y colaboradores.<sup>12</sup>

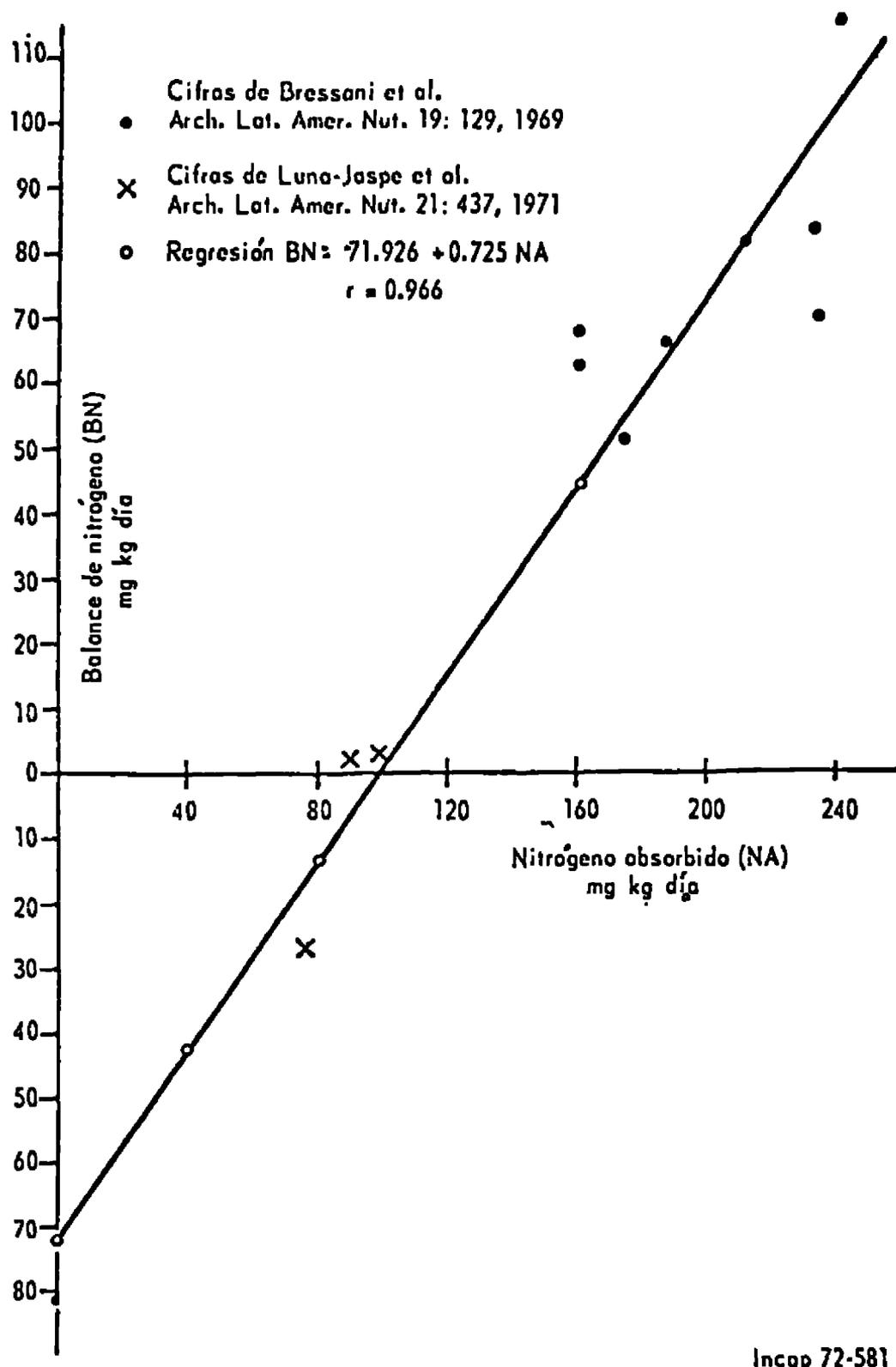


FIGURA 5. Índice de balance de nitrógeno de la proteína del maíz Opaco-2

El maíz utilizado fue molido finamente, incluyendo todo el grano, menos el 1% del mismo, aproximadamente. La composición química del material utilizado se muestra en el Cuadro 5. Como se puede notar, el contenido de proteína fue de 11.62%; el de lisina, de 4.65 g/16 g N; y el de triptófano, 1.38 g/16 g N, valores similares a los valores del maíz Opaco-2 usado en el experimento de los niños.<sup>2, 4</sup>

## CUADRO 5

Composición de la harina de maíz Opaco-2 usada en balances de nitrógeno en adultos \*

	Por ciento
Humedad	10.5
Grasa	1.2
Fibra cruda	0.87
Cenizas	0.52
Nitrógeno	1.86
Lisina	0.54
Triptofano	0.16

Tomado de Clark *et al.*<sup>13</sup>

El maíz Opaco-2 fue ofrecido en cantidades de 300, 250, 200 y 150 g por día, que proporcionó 5.58, 4.65, 3.72 y 2.79 g de nitrógeno/individuo diariamente. Los resultados de un experimento se resumen en el Cuadro 6. Todos los individuos estaban en balance positivo con una ingesta de 300 g de maíz y todos estaban en equilibrio cuando recibían 250 g de maíz Opaco-2.

## CUADRO 6

Balance de nitrógeno diario promedio de adultos alimentados con diversas ingestas de maíz Opaco-2 \*

Granos de maíz	Peso corporal kg	Nitrógeno **		
		Heces g	Orina g	Balance g
300	64.4	1.38	4.33	0.29
250	64.6	1.23	4.63	0.07
200	64.9	1.17	4.93	-0.09
150	65.0	0.97	5.37	-0.34

\* Tomado de Clark *et al.*<sup>13</sup>

\*\* Nitrógeno total ingerido: 6.00 g.

Con estos datos se calculó la regresión, mostrada en la Figura 6, entre balance de nitrógeno y maíz consumido. En esta ecuación, Y es equivalente al balance de nitrógeno, mientras que X representa los gramos de maíz ingerido. En promedio, el equilibrio nitrogenado con maíz Opaco-2 puede obtenerse con 250 g de maíz.

Los mismos autores estudiaron el efecto de la suplementación con lisina o triptofano adicionados solos, habiendo encontrado que sólo un sujeto mejoró su retención de nitrógeno. La adición de metionina no causó ningún cambio. Esto indicó que la proteína del Opaco-2 no es deficiente en estos tres aminoácidos para el adulto.

Desafortunadamente, no existen estudios en adultos en los cuales el maíz Opaco-2 haya sido comparado con el maíz normal. Sin embargo, la calidad de la proteína del maíz normal ha sido evaluada en humanos adultos, de una manera similar, por Kies y colaboradores.<sup>14</sup> En un estudio, 10 sujetos fueron alimentados

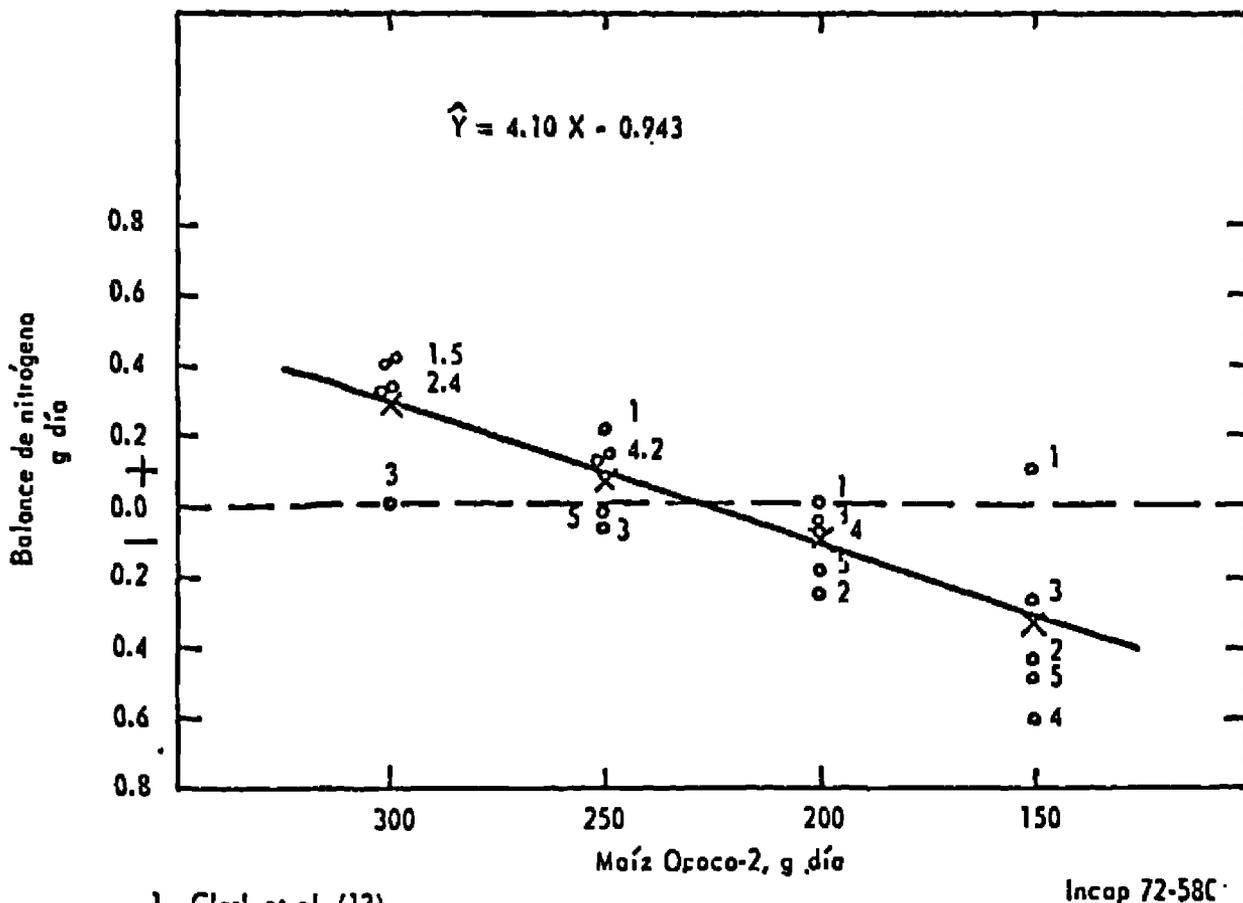


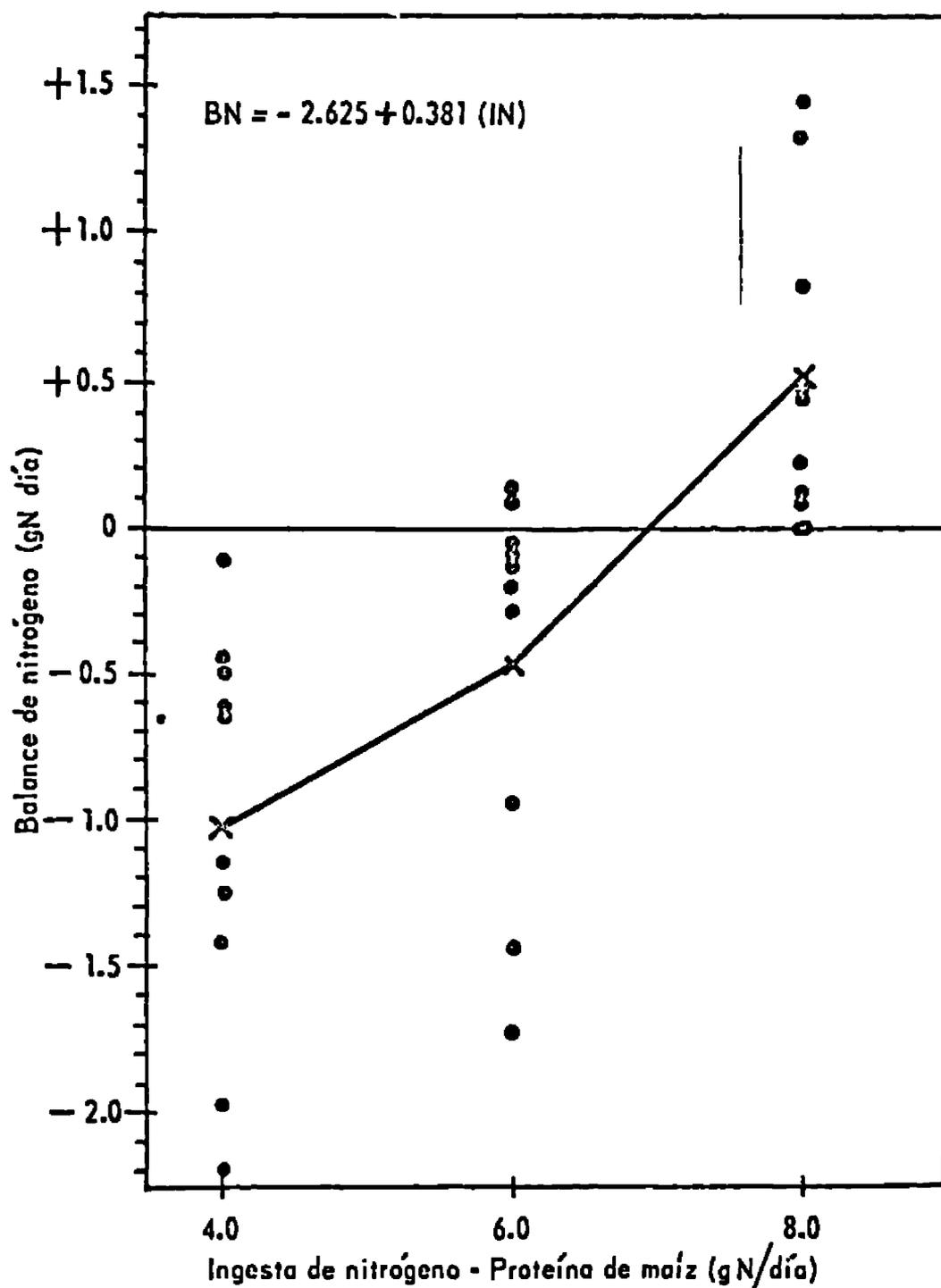
FIGURA 6. Regresión entre balance de nitrógeno e ingesta de maíz Opaco-2 en adultos

con maíz degerminado para proveer ingestas de nitrógeno de maíz de 4.0, 6.0 y 8.0 g por día. Los resultados que se muestran en la Figura 7 indican claramente que cuando el maíz degerminado dio 4 y 6 g de nitrógeno, el balance nitrogenado promedio fue negativo. Los resultados muestran que cuando la ingesta aumentó a 8 g de nitrógeno por día, el balance de nitrógeno resultó positivo. De los datos mostrados en el cuadro, se calculó la regresión entre nitrógeno ingerido a nitrógeno retenido. La ecuación de regresión se muestra en la misma figura. De la ecuación se calculó que 7 g de nitrógeno de maíz degerminado son necesarios para dar equilibrio de nitrógeno. El coeficiente de regresión, multiplicado por 100 y dividido por la digestibilidad de la proteína, da el valor biológico de esa proteína. En el presente caso, este valor es de 46.5%

En base de 8.0 g de proteína por 100 g de maíz degerminado, una ingesta de 7 g de nitrógeno es equivalente a 517 g de maíz.

En los resultados descritos en el Cuadro 7, un grupo de diez sujetos adultos fueron alimentados con 6 g de nitrógeno de maíz degerminado por día, y los suplementos que se muestran en cantidades equivalentes a 2 g de nitrógeno de proteína de maíz. La ingesta de nitrógeno de proteína fue de 8.0 g por día. Cuando la ingesta de nitrógeno fue de 6 g/día, el balance nitrogenado promedio fue negativo, aunque aumentó cuando la ingesta fue aumentada de 6 a 8 g de nitrógeno por día.

La adición de lisina y triptofano solos, no cambiaron el promedio de retención

Tomado de Kies et al.(14)

Incop 72-578

FIGURA 7. Relación entre la ingesta de nitrógeno de maíz desgerminado y balance de nitrógeno en adultos

de nitrógeno; sin embargo, cuando ambos aminoácidos se adicionaron, la retención de nitrógeno aumentó —no necesariamente debido al hecho de que mayor cantidad de nitrógeno se estaba suministrando con la adición de estos dos aminoácidos—, posibilidad que queda descartada por la respuesta obtenida a la adición de nitrógeno no específico. Estos datos demuestran que la proteína del maíz común es deficiente en lisina y triptófano para el humano adulto, así como fue demostrado en niños<sup>9, 10, 11</sup>

## CUADRO 7

*Suplementación del maíz degerminado con varias fuentes de nitrógeno esencial y no esencial \**

Nivel de ingesta de nitrógeno, g/día		Fuentes	Nitrógeno ingerido g/día	Balance de nitrógeno
De maíz	De otras fuentes			
6	0	—	6	-0.50
8	0	—	8	+0.50
6	2	Lis.	8	+0.52
6	2	Trip.	8	+0.57
6	2	Lis. + Trip.	8	+0.74
6	2	NNE	8	+0.69

\* Tomado de Kies *et al.*<sup>14</sup>

Los resultados de Clark *et al.*<sup>13</sup> y de Kies *et al.*<sup>14</sup> se resumen en el Cuadro 8. Como ya se indicó anteriormente se requieren dos veces más de maíz común que del Opaco-2 para obtener equilibrio nitrogenado en adultos. Esto equivale aproximadamente a una ingesta de proteína alrededor de 1.6 veces más para el maíz común que para el Opaco-2.

Usando un valor biológico de 82%,<sup>15</sup> para el maíz Opaco-2, de los 28 g ingeridos, alrededor de 23 g son retenidos, lo que aproximadamente se retiene del maíz común (21 g) de una mayor ingesta con un valor biológico de 46.5%. Estos datos indican las grandes pérdidas de nitrógeno que ocurren con el maíz común. Es también interesante observar las ingestas respectivas de los aminoácidos esenciales. Con la excepción de lisina y triptofano, el maíz común, en la cantidad indicada, provee mayor cantidad

## CUADRO 8

*Composición del valor proteínico e ingesta de aminoácidos entre el maíz Opaco-2 y el maíz común \**

	Opaco-2	Común
Ingesta de maíz para obtener balance de nitrógeno	250	547
Ingesta de proteína	27.9	43.8
Digestibilidad de la proteína	76.5	—
Valor biológico de la proteína	—	46.5
Isoleucina	1.01	2.00
Leucina	2.70	5.60
Lisina	1.34	1.25
Metionina	0.60	0.80
Cistina	0.55	0.56
Fenilalanina	1.33	1.96
Tirosina	1.14	2.64
Trconina	1.10	1.72
Triptofano	0.39	0.26
Valina	1.54	2.20
Total aminoácidos	11.70	18.99

Adaptado de Clark *et al.*<sup>13</sup> y Kies *et al.*<sup>14</sup>

de los otros aminoácidos; sin embargo, no sirven más que como una carga que el cuerpo tiene que desechar. La carga es mayor en el caso de la leucina, tirosina y valina. El costo fisiológico para metabolizar esta carga de aminoácidos innecesaria no se conoce, pero debería ser estimado.

El patrón ingerido está fuera de balance, lo que posiblemente es otra razón más que explica el pobre valor biológico de la proteína del maíz común. Otra manera de analizar esta ingesta es expresándola como porcentaje del total de aminoácidos ingeridos, cálculo que magnifica las deficiencias de lisina y triptofano en el maíz común, indicando también el exceso de los otros aminoácidos. Esta información de adultos, como la obtenida en niños, demuestra de nuevo la calidad excelente de la proteína del maíz Opaco-2 y la mala calidad de la proteína del maíz común.

#### VALOR BIOLÓGICO DE LA PROTEÍNA DEL MAÍZ OPACO-2 Y DEL MAÍZ COMÚN

Como en los casos anteriores, no ha habido estudios comparativos directos en la determinación de la digestibilidad y valor biológico de la proteína del maíz común y del Opaco-2. Sin embargo, para poder compararlos, se hará uso de los resultados de Truswell y Brock,<sup>10</sup> con maíz común, y de Young *et al.*<sup>15</sup> para el Opaco-2. Truswell y Brock<sup>10</sup> evaluaron también el valor biológico en el maíz común entero en adultos consumidores del grano. Los resultados de uno de sus estudios se muestran en el Cuadro 9. Los sujetos en este caso recibieron el 90% de la ingesta de nitrógeno

CUADRO 9

*Valor biológico de la harina de maíz \**

Sujeto	Nitrógeno		Valor biológico ** promedio
	Ingesta	Balance	
	g/día		
P.N.	7.414	+0.487	42
M.P.	9.238	+0.697	43
K.S.	9.500	+0.015	34
P.N.	4.046	-0.137	54
M.P.	5.092	-0.081	55
I.A.	3.812	+0.014	63

\* Tomado de Truswell y Brock.<sup>10</sup>

\*\* Fueron usadas estimaciones indirectas de nitrógeno, endógeno y metabólico.

del maíz y 10% de otros alimentos. Los resultados demuestran que se obtuvo balance positivo de nitrógeno cuando la ingesta de nitrógeno fue de más de 7 g por día, aunque se encontró mucha variabilidad, como en el caso de otros estudios. Los autores calcularon el valor biológico, el cual promedió 45% cuando el nivel de ingesta fue alto, mientras que a niveles menores de ingesta de nitrógeno el valor fue de 57%. Esto era de esperar, ya que el valor biológico de una proteína depende del

nivel de ingesta de proteína. Ya que todos los sujetos dieron balance positivo de nitrógeno cuando la ingesta era alta, y los autores concluyeron que el valor biológico del maíz es de cerca del 57%. La cifra dada por estos investigadores (45%), cuando la ingesta de nitrógeno fue alta, es similar a la informada por los autores anteriores,<sup>14</sup> quienes la calcularon en 46.5%.

El valor biológico de la proteína del maíz Opaco-2 fue expuesto por Young y colaboradores<sup>15</sup> al analizar un maíz opaco producido en Colombia. Estos autores realizaron el estudio con 8 estudiantes del sexo masculino, quienes recibieron de 3.13 a 4.68 g de nitrógeno por día, del maíz Opaco-2. Se usó como referencia una proteína de huevo, la cual fue ingerida por los mismos estudiantes en ingestas de 2.64 a 3.95 g de nitrógeno por día. Usando datos obtenidos por los mismos autores, de nitrógeno metabólico fecal y nitrógeno endógeno urinario, calcularon la digestibilidad verdadera de la proteína y su valor biológico. Los datos de este estudio se presentan en el Cuadro 10. La digestibilidad de la proteína del Opaco-2 varió entre 86 y 106%, con

CUADRO 10

*Balance de nitrógeno, digestibilidad y valor biológico de la proteína del maíz Opaco-2 en adultos \**

	Balance de nitrógeno				Digestibilidad verdadera por ciento	Valor biológico por ciento
	Ingesta	Orina	Fecal	Balance		
	g N/día					
Maíz Opaco-2	3.83	3.48	0.98	-0.63	92	80
Huevo	3.24	2.91	0.78	-0.45	96	96

\* Tomado de Young *et al.*<sup>15</sup> Valores promedios de ocho adultos.

un promedio de 92%, mientras que para la proteína de huevo la variación fue de 78 a 103%, con un promedio de 96%. El valor biológico de la proteína del maíz Opaco-2 varió de 67 a 91%, con un promedio para los ocho individuos de 80%, mientras que el valor biológico de la proteína de huevo fue de 96%.

Los resultados obtenidos de los estudios en niños, así como en adultos, están todos de acuerdo e indican de nuevo que la calidad proteínica del maíz que contiene el gene Opaco-2 es muy superior a la calidad de la proteína del maíz común.

#### SIGNIFICADO PRÁCTICO DE LA EVALUACIÓN PROTEÍNICA DEL MAÍZ OPACO-2

La evidencia presentada, tanto en niños como en adultos, indica claramente la superioridad nutritiva del maíz Opaco-2 sobre la del maíz común. A pesar de esto, entre los países consumidores de maíz, sólo Colombia ha tratado durante los últimos años de introducir ese maíz superior entre sus pobladores.

La razón de eso no está muy clara y puede ser debido a factores, como: la falta de variedades locales con el gene Opaco-2, el rendimiento menor que se ha infor-

mado, la estructura del grano, su poca resistencia al almacenamiento, y a posibles razones agrotecnológicas. Estos factores, tal vez más importantes que las ventajas nutricionales, se solucionarán una vez que se establezca un programa cuyo propósito sea proporcionar a la población la semilla que llene la mayor parte o todas las ventajas o cualidades posibles.

Sin embargo, el mejor valor proteínico del maíz Opaco-2 puede ser analizado desde otros puntos de vista. El Cuadro 11 presenta alguna información que puede ser útil en decidir sobre la conveniencia de introducir variedades de maíz Opaco-2 en países consumidores de este grano.

CUADRO 11

*Significado económico de la calidad proteínica del maíz común y maíz Opaco-2*

	Maíz común	Maíz Opaco-2
Ingesta de maíz, g	300	300
Ingesta de nitrógeno (1.6 g% N), g	48.0	48.0
Digestibilidad verdadera, %	82	92
Nitrógeno absorbido, g	39.4	44.2
Nitrógeno excretado en heces, g	8.6	3.8
Valor biológico, %	45	80
Nitrógeno retenido, g	17.7	35.4
Nitrógeno excretado en orina, g	21.7	8.8
Nitrógeno total perdido en las excreciones de heces y orina, g	30.3	12.6
Nitrógeno total perdido, equivalente en maíz, g maíz	189.4	78.7
Maíz utilizado, %	36.9	73.8
Costo del maíz ingerido, ¢(7.70 ¢/kg)	2.31¢	2.31¢
Costo del maíz perdido, ¢(7.70 ¢/kg)	1.46¢	0.61¢

Para propósitos de este análisis se ha supuesto que la ingesta de los dos tipos de maíz, así como su contenido de nitrógeno (proteína) es igual. Usando los porcentajes de digestibilidad publicados para cada clase de maíz, se calculó que de 18 g de nitrógeno ingerido de maíz común, sólo 39.4 g son absorbidos y 8.6 g perdidos en las heces. Para el maíz Opaco-2, de los 18 g de nitrógeno ingeridos, 44.2 g son absorbidos y 3.8 g perdidos en heces, indicando ya en estos cálculos que existe una economía en nitrógeno al usar el maíz Opaco-2.

Ahora bien, el siguiente factor que debe utilizarse es el valor biológico, que se define como la cantidad de nitrógeno absorbido retenido para suplir los aminoácidos necesarios para diversas funciones metabólicas. Ya que el valor biológico del maíz común es de 45%; de los 39.4 g absorbidos, 17.7 g se retienen y 21.7 g son excretados en la orina. Para el maíz con el gene Opaco-2 el valor biológico de la proteína es de 80%, con el resultado que, de los 44.2 g de nitrógeno absorbido, 35.4 g son retenidos y 8.8 g son excretados en la orina. La cantidad total de nitrógeno perdido cuando se consume maíz común es igual a 30.3 g, mientras que sólo 12.6 g se pierden al consumir la misma cantidad de proteína de la calidad presente en el Opaco-2.

Estas cifras pueden ser convertidas en términos de maíz, lo cual corresponde a 189 g de maíz común perdido por heces y orina, y solamente 79 g del maíz Opaco-2.

En otras palabras, solamente el 37% del maíz común ingerido es utilizado, mientras que el maíz con el gene Opaco-2 da una utilización del 71%, o sea dos veces más que el maíz común. Estos datos, a su vez, pueden convertirse en términos económicos (cuadro 11). Si se supone que el precio es de 7.7 ¢ por kilogramo, el costo del maíz perdido es de 1.16 ¢, mientras que el del maíz Opaco-2 sólo es de 0.61 ¢. Las cifras aquí calculadas son por persona y por día. Si se considera el número total de personas que consumen maíz diariamente, y aun en mayores cantidades que las usadas en este ejemplo, las pérdidas económicas son de magnitud superior a las que ocurrirían a través del consumo de un maíz como el que contiene el gene Opaco-2. Esto sería cierto aun si el precio del maíz Opaco-2 fuera mayor, como se ha indicado que lo es hoy día en los pocos países donde se cultiva.

Este ejercicio se presentó con el propósito de demostrar de otra manera las ventajas que se pueden derivar de un maíz con una calidad proteínica superior a la del maíz común consumido hoy día. Sería aún más convincente todo este argumento si se pudiera poner en términos económicos el costo biológico y sus efectos que deben pagar poblaciones consumidoras de maíz común. Sin embargo, no es necesario, pues se reconoce que estos grupos humanos están mal nutridos debido a su dependencia en la cultura del maíz, que los coloca como hombres de la cultura del hambre.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. MERTZ, E.T.; L.S. BATES y O.F. NELSON. 1961. *Mutant Gene that Changes Protein Composition and Increases Lysine Content of Maize Endosperm*. *Science*. 145:279.
2. BRESSANI, R.; J. ALVARADO y F. VITERI. 1969. *Evaluación en niños de la calidad de la proteína del Maíz Opaco-2*. *Arch. Lat. Amer. Nut.* 19:129.
3. BRESSANI, R. y N.S. SCRIMSHAW. *Effect of Lime Treatment on in vitro Availability of Essential Amino Acids and Solubility of Protein Fractions in Corn*. *Agric. & Food Chem.* 6:774.
4. BRESSANI, R. 1966. *Protein Quality of Opaque-2 Maize in Children*. En *Proceeding of the High Lysine Corn Conference Purdue University, Lafayette, Indiana*. Corn Industries Research Foundation, a Division of Corn Refiners, Washington, D.C., p. 31.
5. BRESSANI, R. 1968. *La calidad proteínica del maíz con gene Opaco-2*. *Turrialba*. 18:8.
6. FLORES, M. 1961. *Food Patterns in Central America and Panama*. En: *Tradition Science and Practice in Dietetics*. Yorkshire, Great Britain, Wm Byles and Sons Limited of Bradford. p. 23.
7. BRESSANI, R.; F. VITERI; D. WILSON y J. ALVARADO. 1972. *The endogenous urinary and fecal nitrogen excretion of Children and the Nutritive Value of Various Animal and Vegetable Proteins for Human Nutrition*. Próximo a ser publicado.
8. ALLISON, J.B. y J.A. ANDERSON. 1945. *The Relation Between Absorbed Nitrogen, Nitrogen Balance and Biological Value of Proteins in Adult Dogs*. *J. Nut.* 29:413.
9. SCRIMSHAW, N.S.; R. BRESSANI; M. BEHAR y F. VITERI. 1958. *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. Nut.* 66:485.
10. BRESSANI, R.; N.S. SCRIMSHAW, M. BEHAR y F. VITERI. 1958. *Supplementation of Cereal Proteins with Amino Acids. II. Effect of Amino Acid Supplementation of Corn Masa at Intermediate Levels of Protein Intake on the Nitrogen Retention of Young Children*. *J. Nut.* 66:501.

11. BRUSSANI, R.; D. WILSON; M. CHUNG; M. BILHAR y N.S. SCRIMSHAW. 1963. *Supplementation of Cereal Proteins with Amino Acids. V. Effect of Supplementing Lime-Treated Corn with Different Levels of Lysine, Tryptophan and Isoleucine on the Nitrogen Retention of Young Children.* J. Nut. 80:80.
12. LUNA-JASPE, G.H.; J.O.M. PARRA; C.R. BERNAL y S.P. DE SERRANO. 1971. *Comparación de la retención de nitrógeno en niños alimentados con maíz común, maíz de gene Opaco-2 y leche de vaca. I. Resultados con baja ingesta de proteína.* Arch. Lat. Amer. Nut. 21:437.
13. CLARK, H.E.; P.E. ALLEN; S.M. MEYERS; S.E. TUCKER y Y. YAMAMURA. 1967. *Nitrogen Balance of Adults Consuming Opaque-2 Corn Protein.* Amer. J. Clin. Nut. 20:825.
14. KIES, C.; E. WILLIAMS y H.M. FOX. 1965. *Determination of First Limiting Nitrogenous Factor in Corn Protein for Nitrogen Retention in Human Adults.* J. Nut. 86:350.
15. YOUNG, U.R.; I. OZALP; B.V. CHOLKOS y N.S. SCRIMSHAW. 1971. *Protein Value of Colombian Opaque-2 Corn for Young Adult Men.* J. Nut. 101:1475.
16. TRUSWELL, A.S. y J.F. BROCK. 1962. *The Nutritive Value of Maize Protein for Man.* Amer. J. Clin. Nut. 10:142.