

EL MAIZ DE ALTA LISINA EN NUTRICION HUMANA

A) Revisión sobre experiencias con fenotipos harinosos

B) Estudios con fenotipos duros.

A. PRADILLA, M.D.* F. LINARES, M.D., M.N.S.* C.A. FRANCIS, Ph.D.** L. FAJARDO, M.D.*

Se revisan los estudios analíticos y biológicos hechos con el maíz híbrido colombiano modificado por el gene opaco-2. El descubrimiento de granos duros (fenotipo duro) abre la posibilidad de desarrollar variedades altas en lisina con mayor aceptación que la del maíz modificado, de consistencia harinosa (fenotipo harinoso). Se resumen los estudios hechos para comparar estas dos variedades, del maíz opaco.

1. INTRODUCCION

En la región Andina de Suramérica, el maíz esta destinado a permanecer como un factor importante en nutrición humana. Si tomamos a Colombia como ejemplo el consumo directo alcanza a 600.000 toneladas por año. Debido a la lentitud en los cambios de hábitos y demandas culturales este consumo aumentará rápidamente en la próxima década como consecuencia del aumento en la población en esta área.

Los métodos de utilización del maíz varían considerablemente en los diferentes países andinos y dentro de los mismos en las distintas regiones. El aumento continuo de la población demanda un interés aún mayor en el aumento de cantidad y mejoría de la calidad de los alimentos producidos para alimentar las nuevas generaciones y reducir la desnutrición ya presente en la actual.

Los factores epidemiológicos de la desnutrición son muchos y relacionados entre sí¹, uno de ellos, la disponibilidad de alimentos basado en la producción y distribución, y otro el consumidor sus hábitos, capacidad de compra y de utilización una vez ingerido.

La mayoría de las proteínas vegetales son deficientes en uno o más aminoácidos, en general las leguminosas en metionina y los cereales en lisina y triptófano. Por medio de mezclas balanceadas se han podido desarrollar alimentos de origen vegetal cuya proteína tiene una calidad muy alta. Sin embargo estas mezclas requieren un esfuerzo educativo y de mercadeo para cambiar los hábitos alimentarios

que hasta ahora ha hecho muy limitada su efectividad. La manipulación genética de vegetales que hacen ya parte del patrón alimenticio de una población tiene la ventaja de no requerir esfuerzos educativos especiales.

La pobre calidad del maíz como fuente de proteína es conocida desde hace muchos años. En 1914 Osborne y Mendel² demostraron que la zeína, la mayor fracción protéica del maíz, carecía prácticamente de los aminoácidos lisina y triptófano.

2. RECUESTO DE EXPERIENCIAS CON FENOTIPOS HARINOSOS.

En 1964, tres meses después de la publicación de Nelson, Mertz y Bates³ de su hallazgo de un gene modificador de la calidad de la proteína del maíz, algunas semillas fueron obtenidas en Palmira (Valle del Cauca) por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Se inició entonces un programa para estudiar el efecto de este gene en las condiciones tropicales del Valle del Cauca. La inclusión en dos variedades comerciales de alto rendimiento permitió obtener ochenta toneladas de maíz modificado a finales de 1967. Después de varios ensayos analíticos de los diferentes cruces se demostró claramente la presencia del gene modificador en los híbridos^{4,5}. Su rendimiento alcanzaba al 95% del híbrido original después del segundo retrocruce⁶. La modificación del maíz por el gene opaco-2 introduce cambios en las dos fracciones protéicas que a su vez se traduce en un incremento considerable en el contenido de lisina y triptófano. Este incremento hace que el patrón general de esta proteína se asemeje más al patrón ideal de aminoácidos formulados por la FAO (Cuadro 1). Dichos cambios se reflejan en una mejor utilización de esta proteína y por consiguiente en una mejor promoción de crecimiento cuando ella se administra como única

* Departamento de Pediatría y Nutrición, Universidad del Valle

** Centro Internacional de Agricultura Tropical

CUADRO 1

Composición de aminoácidos de maíz común H255 y Opaco-2 H255 en relación con el patrón de la FAO (Mg./100 gr. de proteínas)

	FAO	OPACO-2	NORMAL
Isoleucina	4.2	3.6	5.0
Leucina	4.8	8.0	16.1
Lisina	4.2	4.0	2.8
Metionina	2.2	4.5	3.0
Fenilalanina	2.8	3.8	5.4
Treonina	2.8	3.3	3.5
Triptófano	1.4	1.0	0.6
Valina	4.2	5.6	7.2
TOTAL	31.4	39.1	50.4

fuelle a animales de experimentación. Estudios en ratas albinas demostraron Razones de Eficiencia Protéica (PER) similares a aquellas obtenidas con maíz modificado de zonas templadas (Cuadro 2).

Usando este maíz, Gallo y Manor^{7,8} encontraron que los cerdos de crecimiento ganaron peso 56% más rápido con una dieta de opaco-2 que aquellos con maíz normal. Con cerdos de engorde el aumento de peso fue igual en dos grupos, uno alimentado con opaco-2 a un nivel del 10% y otro con maíz-soya a un nivel del 16% de proteína. Al comparar maíz normal con opaco-2 al mismo nivel de proteínas la eficiencia del último fue 30% superior.

Los estudios nutricionales en humanos comenzaron en Octubre de 1967 con dos niños severamente desnutridos de 5 y 6 años a los cuales se administró una dieta con

CUADRO 2
Crecimiento de ratas con el Opaco-2

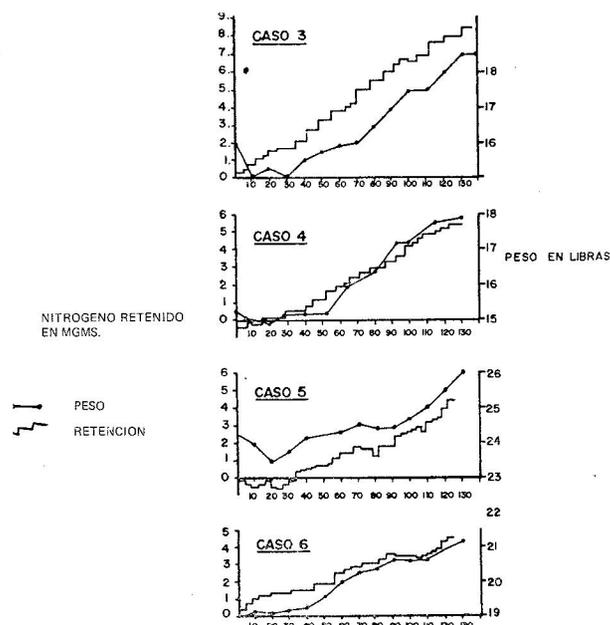
	GANANCIA PESOS	PER
PURDUE	95	2.60
CAMPBELL SOUP	88	2.80
INCAP	130	2.80
U. METABOLICA	103	2.95

Mertz y Nelson

80 de proteína de opaco-2 y 20% de otras fuentes. Su recuperación fue completa después del tratamiento⁴. Posteriormente estudiamos la recuperación en siete niños des-

nutridos utilizando como única fuente de proteína aquella proveniente del endospermo de maíz opaco. Su recuperación medida por diferentes parámetros fue muy similar a la de niños nutridos con proteínas de origen animal^{5,9,10}. La gráfica 1 muestra la recuperación de peso de estos pacientes durante su tratamiento, paralelo a la retención de proteína.

La aplicación de maíz opaco-2 como una fuente mejorada de proteína en áreas en desarrollo se facilita cuando su valor biológico es lo suficientemente alto para llenar las necesidades del niño pequeño y/o desnutrido. Al ensayar esta proteína en desnutridos cuyos requerimientos son similares a los de niños menores cronológicamente pero de igual edad de desarrollo, fue posible obtener información aplicable a las dos edades en cuestión.



GRAFICA 1.
Balance cumulativo de Nitrógeno y aumento de peso de niños alimentados con opaco-2 como única fuente de proteínas.

3. ESTUDIOS CON FENOTIPOS DUROS

La aceptabilidad de este nuevo maíz ha sido limitada por el aspecto fenotípico harinoso. El hallazgo en cosechas de maíz amarillo opaco-2 (H-208), de un rango de endospermos desde el harinoso puro hasta el duro con composición protéica muy similar¹¹ nos permitió suponer que existen otros genes modificadores.

La posibilidad de tener maíz de alto valor biológico con características que satisfagan a un gran número de consumidores ha hecho necesario el intensificar este estudio colaborativo.

CUADRO 3

Estudios analíticos de selecciones de maíz opaco-2 y maíz normal.

Tipo de Grano	Análisis de endospermo			Análisis de todo el grano ¹		
	Prot.	Lis.	Tri.	Prot.	Lis.	Tri.
H. 208 opaco	8.9	4.0	8.7	11.1	4.7	1.04
H. 208 cristalino	9.6	3.7	.76	12.0	4.2	.87
G. 207 normal	9.9 ²	2.7 ²				

¹ Datos de Laboratorio del Dr. Edwin Mertz, Universidad de Purdue.² Datos de Laboratorio de la Universidad del Valle, Unidad Metabólica.

Experimento 1. Ensayo con ratas albinas. Granos de maíz de una cosecha comercial fueron separados en un negatocopio en dos grupos: granos completamente harinosos y granos esencialmente duros (cristalinos). Estas muestras fueron analizadas para proteína total, lisina y triptófano, y comparados con maíz normal (Cuadro 3). Las concentraciones de estas sustancias no eran diferentes en forma significativa entre los fenotipos duros y blandos en los dos tipos de granos seleccionados del híbrido comercial. El maíz normal muestra valores de lisina y triptófano menores. Estas tres clases de maíz fueron incluidos en dietas con un control de caseína. Su composición se demuestra en el Cuadro 4. Se determinó el PER por el método de Campbell. Los valores promedios se muestran en el Cuadro 5. Aunque la selección de maíz duro opaco-2 (H-208) muestra un valor inferior al H-208 blando la eficiencia de ella es casi el doble de la del maíz normal H-207. Ambos fenotipos son bastante aceptables cuando se comparan con caseína.

Experimento 2. Ensayo en niños. Estudios de balance nitrogenado fueron practicados en niños pre-escolares admitidos en la Unidad Metabólica. La alimentación fue administrada como una fórmula que contenía 1 gm de proteína y 100 calorías por kilogramo de peso por día. La dieta diaria fue dividida en 8 comidas. Los pacientes permanecieron con una dieta libre de proteína por tres días después de las cuales se suministraba la dieta de ensayo por 7 días, los primeros 3 como adaptación y los otros 4 como período de ensayo, en sí. Los períodos en materias fecales se separaron con el uso de un colorante administrado por vía oral. Se analizaron duplicados de la dieta, orina y materias fecales para Nitrógeno, grasas y creatinina. En el Cuadro 6 se muestran los resultados de digestibilidad, utilización neta de proteína y valor biológico de las dietas utilizadas. Como en los estudios anteriores los valores del maíz opaco corresponden a un rango entre 83 y 95% del valor de caseína. Los dos fenotipos utilizados muestran valores muy similares y casi dos veces mayores que los de maíz común.

CUADRO 4

Composición Porcentual de 4 dietas Experimentales.

Componente	H. 208	H. 208	H. 207	Caseína
	Opaco	Duro	Normal	Control
H. 208 opaco	88			
H. 208 duro		88		
H. 207 normal			88	
Caseína				11
Almidón de maíz	3	3	3	73
Aceite	3	3	3	10
Vitaminas	2	2	2	2
Sales	4	4	4	4
Contenido de Proteína:	7.9%	7.6%	8.4%	6.4%

CUADRO 5

Promedio de aumento, alimento consumido y PER en ratas

	H. 208	H. 208	H. 207	
	harinoso	duro	normal	caseína
Ganancia (g)	84	62	26	69
Alimento consumido (g)	330	288	216	311
Prot. Actual	7.9	7.6	8.4	6.0
Prot. consumida (g)	26.1	21.9	18.2	18.7
PER	3.21	2.81	1.43	3.68
PER, estandar ¹ / ₂	2.18	1.91	0.99	2.50
Porcentaje de Caseína	87.2	76.4	39.4	100

¹/₂ Valor de PER estandarizado con Caseína como 2.50

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La introducción del gene opaco-2 en los híbridos comerciales de alto rendimiento ha producido uno de los cambios más significantes en calidad protéica en los últimos años. El potencial para la producción de grandes cantidades de este maíz de alta calidad puede ayudar a solucionar el problema nutricional en áreas de los países en desarrollo. La aceptabilidad puede aumentar si se cuenta con fenotipos diferentes, manteniendo igual calidad, que satisfaga los diferentes gustos del consumidor.

Los resultados demuestran que el endospermo blando no está ligado irrevocablemente al mayor contenido en lisina y triptófano. Parece que genes modificadores del endospermo pueden ser localizados sin que varíe la calidad nutricional.

Una alta prioridad se está dando a los estudios genéticos de estos modificadores incorporando el opaco-2 a una gran cantidad de variedades e híbridos que permitan en el futuro producir comercialmente varios fenotipos de alta calidad nutricional.

En la misma forma, el estudio de otros productos agrícolas ha permitido detectar una variedad de yuca que contiene cinco veces más proteína que las normales¹² y se han explorado las posibilidades de modificar el contenido de sulfurados en el frijol¹³.

La modificación genética de estos productos agrícolas tendría un efecto directo sobre el estado nutricional de un individuo o indirectamente al disminuir costos de producción de proteínas animales.

SUMMARY

Review on the analytical and biological testing of opaque-2 modified colombian corn hybrids in presented. The discovery of flint kernels in segregating ears opens the possibility of developing high lisyne varieties with different characteristics which would increase the acceptability of modified maize. Analytical and biological testing of the two phenotypes is presented and discussed.

CUADRO 6

Balances comparativos en niños usando diferentes ¹/₂ fuentes de proteína

	DIGEST	NPU	BV	N RET/DIA
Caseína	98	75	77	1.81
H. 208 opaco	91	69	76	1.52
H. 208 Cristalino	87	65	75	1.50
H. 208 Normal	78	36	47	.93

¹/₂ Dieta calculada incluyó 1. gr de proteína y 100 calorías por Kg. de peso corporal por día.

REFERENCIAS

1. Aguirre A., Wray J.D. Protein-calorie malnutrition in Candelaria & Prevalence The J of Trop Ped 15: 76.1969.
2. Osborne T.B., Mendel L.B. Aminoacids in nutrition and Growth. J Biol Chem 17: 325, 1914
3. Mertz B.T., Bates L.S., Nelson O.B. Mutant gene that changes composition and increases lysine content of maize endosperm. Science: 145: 1701, 1964
4. Pradilla A., Harpstead D., Linares F., Sarria D., Tripathy K. Ensayos analíticos y biológicos de la proteína del maíz modificado por el Gene Opaco-2. Antioquia Médica 19:201, 1969.
5. Pradilla A., Linares F., Fajardo L. Estudios analíticos en híbridos colombianos modificados por el Gene Opaco-2. Seminario Nacional sobre maíz opaco. Bogotá Sept 1969. Página 12. Ed. I.C.A.
6. Harpstead, D.S. High lysine corn scientific América 41:36,1971
7. Gallo J. T., Maner G. El valor nutritivo del maíz Opaco-2 para cerdos. Seminario Nacional de Opaco-2. Bogotá Sept. 1969. Pag. 29. Ed. ICA.
8. Maner J.H., Pond W.G.; Gallo J.T., Henzo A, Portela R., Linares F. Nutritive value of colombian floury-2 us Colombian opaque-2 and normal corn for rats and swine. J An Science (enviado para publicación).
9. Pradilla, A., Linares F. Availability of opaque-2 protein. Protein Foods for the Caribern. Ed. J. McKinney 1968.
10. Pradilla, A. Linares F., Fajardo L., Bolaños O. Estudios analíticos y biológicos con proteína de maíz modificado por el Gene O2. Primer Seminario Internacional de Opaco-2., Cali, Sept. 1968.
11. Harpstead D., Pradilla A. Improving acceptability of high lysine maize VIIth Int. Congress of Nutrition. Praga Oct 1969
12. Linares F., Pradilla A., Maner G. A high protein, high yielding cassava. Congress of Food Science and technology.- Washington June 1969.
13. Porter W. Tesis de grado para Ph.D. en fitogenética. 1971.

SEÑORES

Corporación Editora Médica del Valle.
APARTADO AEREO No. 8025
Cali.-

Les incluyo cheque por valor de ----- para cubrir el costo de la subscripción al ACTA MEDICA DEL VALLE durante ----- año (s).

(Un (1) año \$ 50.00 ; dos (2) años \$ 90.00) U. S. \$ 5 en el Exterior.

Atentamente,

Dirección :

(Para estudiantes, internos y Residentes valor de un (1) año \$ 25.00., Favor especificar año de estudio y si es Residente, especialidad).