

EL VALOR NUTRITIVO DE LAS VARIEDADES DE MAÍZ CULTIVADAS EN CENTRO AMÉRICA

IV. EL CONTENIDO DE CAROTINA DE TREINTA Y DOS SELECCIONES DE MAÍZ GUATEMALTECO^{1, 2}

RICARDO BRESSANI, ANDRÉS A. CAMPOS

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)

ROBERT L. SQUIBB

Instituto Agropecuario Nacional de Guatemala

y NEVIN S. SCRIMSHAW

Oficina Sanitaria Panamericana e INCAP, Guatemala, Centro América

La actividad de pro-vitamina A del maíz (*Zea mays*) es de gran importancia en Centro América. Las encuestas dietéticas y los estudios clínicos y de laboratorio (7, 8), indican la posibilidad de una extensa deficiencia de vitamina A. En algunos grupos de personas es posible que un 75 % del peso de la dieta lo constituya el maíz. Los niveles de carotina del suero considerablemente más altos, observados en escolares de Guatemala, comparados con los de El Salvador, se han atribuido al contenido de carotina, relativamente alto, del maíz amarillo popular en Guatemala, en contraste con el muy bajo contenido de carotina del maíz blanco que usualmente se consume en El Salvador (8). Debido al importante lugar que ocupa en la dieta local, se analizaron 32 variedades de maíz guatemalteco, con relación a su contenido de β -carotina.

Ya que existen amplias pruebas de que la actividad de vitamina A del maíz difiere

bastante del contenido de carotinoides totales o del valor de β -carotina, medidos por las técnicas usuales de análisis de alimentos, se determinó para fines de comparación, la actividad biológica de la vitamina A de una de las variedades, utilizando la prueba del crecimiento en pollos.

MATERIALES Y METODOS

De las 32 variedades de maíz de diverso origen, 23 incluyendo un cruce entre una variedad guatemalteca y un híbrido comercial de los Estados Unidos, se sembraron a una altitud de 5.000 pies en Antigua, Guatemala, durante 1947, 1948 ó 1949. Las características, origen y muestreo de estos maíces, así como de la variedad TGY ya han sido descritos anteriormente (5). Otras 8 colecciones de maíz rotulado INCAP fueron cosechadas en Santa María Cauqué, Departamento de Sacatepéquez, durante el otoño de 1950 en campos con una altitud media de 6.500 pies. Estas variedades de maíz eran todas de polinización abierta.

La concentración de β -carotina se midió a 440 m μ en un colorímetro de Evelyn después de la purificación del pigmento por adsorción y extracción con 5% de acetona en éter de petróleo usando una columna de óxido de magnesio y celita. El método es, en esencia, el de Guilbert (6) modificado por Peterson y colaboradores (11). Todos los valores de carotina citados son el promedio de dos determinaciones y se expresan sobre la base de un contenido de 10 % de humedad.

¹ Publicado originalmente en *Food Research*, 18:618-624, 1953, bajo el título "Nutritive Value of Central American Corns. IV. The carotene content of thirty-two selections of Guatemalan corn." No. INCAP I-25.

² Estudio cooperativo, en el cual 24 de las muestras de maíz y datos relativos a su origen fueron facilitados por el Dr. Irving E. Melhus, Director del Iowa State College, Tropical Research Center, de Antigua, Guatemala. El Instituto de Fomento de la Producción, Guatemala, Centro América, contribuyó al proyecto con una subvención para investigaciones. Publicación Científica INCAP E-74.

CUADRO NO. 1.—Análisis de las fracciones carotinoideas de tres variedades de maíz de Guatemala.*

Variedad de maíz	β -carotina	Criptoxantol	Luteol	Zeaxantol	No identificados
	mcg/g	mcg/g	mcg/g	mcg/g	mcg/g
TGY**	2,94	6,61	2,45	5,28	0,74
TGY	2,04	5,88	1,03	3,92	4,68
12A-46	0,20	0,96	2,43	1,50	0,95
15A-46	0,25	0,27	—	0,14	—

* Datos provistos por F. W. Quackenbush de análisis llevados a cabo en la Universidad de Purdue.

** Tiquisate Amarillo Dorado.

Quackenbush (12) en un estudio preliminar por métodos de fraccionamiento químico en 4 muestras de maíz aquí descritas (Cuadro No. 1), exploró la relación que existe entre los carotinoideos totales medidos a 468 $m\mu$, la β -carotina, el criptoxantol y otros pigmentos.

Con los datos del Cuadro No. 1, se calculó que las dos muestras de TGY contenían 6,24 y 4,98 mcg de actividad de vitamina A por gramo. Esta variedad se evaluó usando dos pruebas en pollos, cada una de 5 semanas de duración. Se utilizaron polluelos de raza "New Hampshire" de una misma incubación y de tres días de nacidos, distribuyéndolos, por peso, entre los varios grupos de experimentación. Se alojaron en jaulas especiales de alambre, con calefacción eléctrica y fondos elevados de tela metálica, suministrándoseles alimento y agua *ad libitum* y tomándoseles semanalmente el peso individual.

En el experimento 1 se alimentaron los polluelos con una ración a base de proteína vegetal únicamente. En el experimento 2 se agregó caseína (libre de vitaminas) para aumentar la tasa de crecimiento de los polluelos. Estas raciones fueron como sigue:

Ambas raciones contenían también lo siguiente: harina de hueso, 1 g; CaCO_3 , 1 g; NaCl con 4% de MnSO_4 , 1 g; Delsterol, 200 mg; colina, 125 mg; tiamina, 0,2 mg; riboflavina, 0,35 mg; ácido pantoténico, 1,2 mg; ácido nicotínico, 1,5 mg, y pirodoxina, 0,35 mg.

El sorgo en el experimento 1 y el maíz blanco en el experimento 2 fueron reemplazados con las correspondientes cantidades de maíz de la variedad TGY, como se indica en el Cuadro No. 4.

RESULTADOS

Las concentraciones de β -carotina encontradas en las 24 variedades de maíz de Guatemala figuran en el Cuadro No. 2. Puesto que algunas muestras contenían semillas que variaban de color, se anotó el que predominaba en el lote de semillas. La β -carotina de las variedades amarillas variaba de 0,020 a 0,210 mg por 100 g, con un promedio de 0,115 (s 0,062). Las selecciones de maíz blanco cultivadas en Antigua variaron en contenido de β -carotina de 0,010 a 0,096 mg por 100 g, con un promedio de 0,033 (s 0,024). En las colecciones del INCAP, los límites de variación del contenido de β -carotina en maíces de cáscara amarilla y roja intensa (endospermo amarillo) era de 0,131 a 0,177 mg por 100 g, con un promedio de 0,157 y para las variedades de maíz de cáscara blanca y negra, de 0 a 0,024 mg por 100 g, con un valor medio de 0,014 mg por 100 g. El contenido de β -carotina de la variedad TGY, amarillo intenso, cultivada en cinco diferentes localidades, Cuadro No. 3, varió de 0,180 a 0,380 mg por 100 g con un promedio de 0,300 mg por 100 g.

En el Cuadro No. 4 se presentan, para fines de valoración biológica, el número de

Experimento 1 Ración básica		Experimento 2 Ración básica	
	g		g
Harina de torta de corozo	40	Harina de torta de corozo	15
Harina de torta de ajonjolí	12	Harina de torta de ajonjolí	30
Harina de torta de semilla de algodón	12	Harina de torta de semilla de algodón	5
Sorgo	32,3	Caseína (libre de vitaminas)	4
		Maíz blanco	42,3

CUADRO No. 2.—El contenido de β -carotina de 32 variedades de maíz.

Cultivados en Antigua, Guatemala				Cultivados en Sta. María Cauqué			
Variedad No.	Carotina	Variedad No.	Carotina	Variedad No.	Carotina	Variedad No.	Carotina
	mg/100 g		mg/100 g		mg/100 g		mg/100 g
206-44⊗ B	0,038	166-44 O.P. B	0,010	92-44 O.P. B	0,027	INCAP 18 A	0,151
159-44(2s) A	0,159	31-44* A	0,058	129A-46* A	0,085	INCAP 19 B	0,023
47A-46 O.P. B	0,019	20-47⊗ A	0,092	12A-46*⊗ A	0,172	INCAP 22 N	0,007
1470-45* B	0,047	1483-45⊗ B	0,018	TGY A	0,162	INCAP 409 N	0,024
25A-46⊗ A	0,027	21A-46B* B	0,096	1626-45 O.P. B	0,018	INCAP 416 B	0,000
92A-46*⊗ A	0,020	10A-46 O.P. A	0,210	7A(WF9x38-11) A	0,194	INCAP 417 r	0,169
192-44*⊗ A	0,109	142-48 O.P. A	0,135	26A-46⊗ B	0,016	INCAP 418 R	0,177
15A-46 O.P. A	0,070	118A-46* B	0,032	200-47 O.P. B	0,046	INCAP SMC A	0,131

B = Grano blanco
A = Grano amarillo

N = Grano de cáscara negra
r = Grano de cáscara rojo claro

R = Grano de cáscara rojo intenso

polluelos, mortandad, aumento de peso y la eficiencia del alimento. La comparación de las tasas de crecimiento de los polluelos alimentados con varios grados de maíz y vitamina A estandard, indica que las muestras de TGY contenían aproximadamente 800 U.I. de vitamina A por 100 g en la primera prueba y 1250 U.I. en la segunda. Esto concuerda satisfactoriamente con la estimación química de Quackenbush de 1.040 U.I. de actividad de vitamina A por 100 g (6,24 mcg/g) y 830 U.I. (4,98 mcg/g) para otras dos muestras de esta variedad. Las tasas de mortandad y pruebas clínicas de avitaminosis A en los polluelos alimentados a un grado mayor de maíz y vitamina A estandard, contribuyeron a confirmar los datos de crecimiento.

DISCUSION

Los valores presentados con relación al contenido de β -carotina del maíz, no dan la medida completa de su actividad de pro-vitamina A. Esto se debe a que el método para la β -carotina no mide el criptoxantol presente, aunque usualmente se considera que, biológicamente, su actividad es un 50 % menor que la de la β -carotina. Por otra parte, al medir los carotinoides totales, se acredita a otros pigmentos que absorben en la misma región del espectro con una actividad de vitamina A que no poseen.

El valor de estimar la actividad de vitamina A del maíz por el método del fraccionamiento químico del carotinoide total presente, queda demostrado por los datos de

los ensayos efectuados en pollos. Estos datos confirman la actividad total pro-vitamínica de la variedad TGY, estimada por el método químico de Quackenbush, cuando se calcula que el criptoxantol tiene la mitad de la actividad de pro-vitamina A de la β -carotina.

La influencia de los factores ambientales, incluyendo suelos, en el contenido de β -carotina de los maíces, la sugieren los datos presentados para una variedad de maíz de tierra baja, el Tiquisate Amarillo Dorado (TGY), cultivado en cuatro zonas diferentes de tierra baja y una de tierra alta. Los datos indican que el contenido de β -carotina de este maíz de tierra baja, se reducía aproximadamente en un 48 a un 53 % cuando se cultivaba a una altitud de 5.000 pies. Este maíz, cultivado en tierra baja, tiene un valor mayor que cuando se cultiva en tierra alta, lo que quizás se deba a su mejor adaptación a la primera.

Aun cuando las condiciones ambientales son importantes, algunos de los factores que controlan el desarrollo del endospermo

CUADRO No. 3.—Contenido de β -Carotina de la variedad TGY cultivada en cinco diferentes localidades.

Muestra no.	Localidad	Altitud	Contenido
		pies	mg/100 g
INCAP-271	Coatepeque	100	0,380
INCAP-275	Cuyuta	100	0,350
INCAP-266	Tiquisate	150	0,300
INCAP-298	Retalhuleu	200	0,290
INCAP-276	Antigua	4,953	0,180

CUADRO NO. 4.—Crecimiento y mortandad de polluelos que reciben dietas suplementadas con una vitamina A estandar y diferentes porcentajes de maíz amarillo (TGY).

Suplemento a la ración	No. de polluelos		Peso promedio		Eficiencia del alimento †	No. de polluelos con avitaminosis A
	Inicial	Final	Inicial	Final		
Ración básica 1, Experimento 1						
			<i>gramos</i>			
Control.....	12	0	39	—	—	—
Maíz 1,25%*.....	12	2	39	164	—	2
Vitamina A, 20 U.I.	12	3	39	213	—	1
Maíz, 2,5%**.....	12	8	39	222	2,87	8
Vitamina A, 40 U.I.	12	8	39	238	2,78	1
Maíz, 5,0%.....	12	8	39	253	2,72	1
Vitamina A, 80 U.I.	12	10	39	230	2,51	0
Maíz, 10,0%.....	12	10	39	238	2,69	0
Ración básica 2, Experimento 2						
			<i>gramos</i>			
Control.....	12	2	39	153	—	2
Maíz, 1,0%.....	12	7	39	285	—	7
Vitamina A, 25 U.I.	12	8	39	320	—	6
Maíz, 2,0%.....	12	7	39	305	—	3
Vitamina A, 50 U.I.	12	12	39	382	2,21	2
Maíz, 4%.....	12	12	39	343	2,47	3
Vitamina A, 100 U.I.	12	12	39	394	2,14	0
Maíz, 8%.....	12	12	39	375	2,51	0

* Tiquisate Amarillo Dorado (TGY) substituyó a cantidades equivalentes de sorgo molido o maíz blanco de las dietas básicas.

** U.S.P. estandar de vitamina A agregado a cada 100 g de dieta básica.

† Gramos suministrados para producir un gramo de aumento.

amarillo, también afectan considerablemente la actividad de pro-vitamina A del maíz. Mangelsdorf y Fraps (10) demostraron que existe una relación cuantitativa directa entre la cantidad de pro-vitamina A y el número de genes para el pigmento amarillo. Estos hallazgos fueron confirmados por Kemmerer y colaboradores (9) quienes manifestaron que el número de genes presentes para el color amarillo, en el maíz, afecta directamente la cantidad de pigmento carotinoide activo de la vitamina A, pero no afecta apreciablemente las proporciones relativas de carotina alfa y beta y criptoxantol. Randolph y Hand (13) demostraron que al

duplicarse el número de cromosomas en el maíz amarillo puro, se producía un aumento de 40% en el contenido de carotinoide del grano de maíz.

Hasta hace relativamente poco tiempo, los cultivadores de maíz se preocupaban principalmente de lograr gran rendimiento y resistencia a la enfermedad y a la sequía. Aurand y colaboradores (3, 4) han demostrado que cuando se atiende tanto al rendimiento como al contenido de carotina, ciertas clases de maíz de gran rendimiento muestran un contenido de carotina relativamente elevado. Puesto que existen posibilidades de selección de variedades de maíz de

contenido más alto de pro-vitamina A (14, 15, 16) y de mayor rendimiento, la determinación de la β -carotina y del criptoxantol resulta también de valor potencial para las Estaciones Experimentales Agrícolas de Centro América que desean desarrollar variedades superiores de maíz.

En México, Centro América, Panamá y muchas zonas de Sud América las dietas humanas son de tal naturaleza que resulta de suma importancia el producir variedades de maíz de buen valor nutritivo y calidad agronómica superior. En Guatemala, el maíz representa el alimento principal de la población rural que consume hasta 500 g de maíz por persona diariamente (8). En los lugares en que se consume maíz amarillo, su actividad de vitamina A es importante, puesto que al parecer la deficiencia vitamínica humana más común es la de vitamina A (8).

De acuerdo con este estudio preliminar, parece ser que aquellas variedades de maíz amarillo de calidad superior en otros aspectos, (1, 2, 5) deben ser seleccionadas por medio de técnicas químicas o biológicas en cuanto a su actividad de vitamina A. Esos análisis son también necesarios para la evaluación correcta de las encuestas dietéticas en las zonas donde el maíz amarillo constituye una parte importante de la dieta.

RESUMEN

Se determinó el contenido de β -carotina de 32 variedades de maíz guatemalteco (*Zea*

mays) correspondientes a dos zonas generales. En la zona de Antigua, 13 variedades amarillas dieron un promedio de 0,115 (s 0,062) y 11 variedades blancas, un promedio de 0,033 (s. 0,024) mg de β -carotina por 100 g. En la zona de Santa María Cauqué, 4 variedades, de amarillo a rojo, dieron un promedio de 0,157 y 4 variedades, de blanco a negro, un promedio de 0,014 mg de β -carotina por 100 g.

Una variedad de tierra baja, el Tiquisate Amarillo Dorado (TGY), cultivada en cuatro localidades de tierra baja (100 a 200 pies) dió un promedio de 0,330 mg de β -carotina por 100 g. Cuando se cultivó en una zona de tierra alta (aproximadamente 5.000 pies) dió un promedio de 0,180 mg de β -carotina por 100 g.

La actividad de vitamina A de dos muestras de TGY cultivadas en tierras bajas, se estimó por medio de pruebas de crecimiento en pollos, en 0,50 y 0,62 mg por 100 g. Ya que el contenido de β -carotina representa menos de la mitad de esta actividad, parece ser que el análisis del maíz con relación al contenido de β -carotina por sí solo no es un medio satisfactorio de evaluar su contenido de pro-vitamina A. Se presentan pruebas de que la mayor parte de la actividad no justificada por el contenido de β -carotina, se debe al criptoxantol.

RECONOCIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento a S. Pizzati, R. Oro, M. J. Monzón y G. Arroyave por su asistencia técnica en este trabajo.

REFERENCIAS

- (1) Aguirre, F., Robles, C. E. y Scrimshaw, N. S.: The nutritive value of Central American corns. II. Lysine and methionine content of twenty-three varieties in Guatemala. *Food Research*, 18:268, 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*, 18:237, 1953.
- (3) Aurand, L. W., Miller, R. C. y Huber, L. L.: The influence of heredity on the carotene content of corn. *Science*, 106:493, 1947.
- (4) Aurand, L. W., Miller, R. C. y Huber, L. L.: The influences of heredity on carotene and protein contents of corn. *The Pennsylvania State College, Agr. Exp. Sta. State Coll. Bull.*, 526, 1950.
- (5) 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.
- (6) Guilbert, H. R.: Determination of carotene as a means of estimating the vitamin A value of forages. *Ind. Eng. Chem. Anal., Ed.*, 6:452, 1934.

- (7) Guzmán, M. y Scrimshaw, N. S.: Serum ascorbic acid, vitamin A, carotene, vitamin E, riboflavin, and alkaline phosphatase values in Central American school children. *Fed. Proc.*, 11:445, 1952.
- (8) Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá: (Información no publicada.)
- (9) Kemmerer, A. R., Fraps, G. S. y Mangelsdorf, P. C.: The relation between the vitamin A active carotenoids in corn and the number of genes for yellow color. *Cereal Chem.*, 19: 525, 1942.
- (10) Mangelsdorf, P. C. y Fraps, G. S.: A direct quantitative relationship between vitamin A in corn and the number of genes for yellow pigmentation. *Science*, 13:241, 1931.
- (11) Peterson, W. J., Hughes, J. S. y Freeman, H. F.: Determination of carotene in forage. A modification of the Guilbert method. *Ind. Eng. Chem. Anal., Ed.*, 9:71, 1937.
- (12) Quackenbush, F. W.: (Comunicación personal), 1949.
- (13) Randolph, L. F. y Hand, D. B.: Relation between carotenoid content and number of genes per cell in diploid and tetraploid corn. *J. Agr. Research*, 50:51, 1940.
- (14) Sadana, J. C. y Ahmad, B.: The carotenoid pigments of local varieties of yellow maize. *Indian J. Med. Research*, 34:59, 1946.
- (15) Scott, G. C. y Belkengren, R. O.: Importance of breeding peas and corn for nutritional quality. *Food Research*, 9:371, 1944.
- (16) White, J. W.: Brunson, A. M. y Zscheile, F. P.: Studies on the carotenoids. V. Spectrophotometric determination of the carotenoids of yellow corn grain. *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.*, 14:778, 1942.