

CALIDAD PROTEÍNICA EN COLECTAS DE MAÍCES CRIOLLOS DE LA SIERRA DE NAYARIT, MÉXICO

PROTEIN QUALITY IN MAIZE LANDRACES FROM THE MOUNTAINS OF THE STATE OF NAYARIT, MÉXICO

Víctor A. Vidal Martínez^{1*}, Gricelda Vázquez Carrillo², Bulmaro Coutiño Estrada¹, Alejandro Ortega Corona¹, José Luis Ramírez Díaz¹, Roberto Valdivia Bernal³, Manuel de J. Guerrero Herrera¹, Francisco de J. Caro Velarde³ y Óscar Cota Agramont¹

¹Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km. 5 Entronque Santiago Ixcuintla a Carr. Internacional. Apdo. Postal 100. 63300, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Tel. y fax 01(323)23-50710. ²Laboratorio de Maíz, Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Apdo. Postal 10. 56230. Chapingo, Edo. de México. ³Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela. Xalisco, Nayarit, México.

* Autor para correspondencia (vidal.victorantonio@inifap.gob.mx)

RESUMEN

El conocimiento de la diversidad genética de los maíces criollos (*Zea mays* L.) prevalecientes en la región serrana del Estado de Nayarit, México, coadyuva a su conservación y utilización. Se han hecho pocos estudios de los atributos nutritivos de estos maíces en beneficio de las etnias indígenas propietarias de dicho patrimonio fitogenético. En este estudio se determinó la calidad proteínica con base en contenidos de proteína, lisina y triptofano de 45 colectas de maíces nativos colectados en la región serrana de Nayarit. De 2003 a 2006 se efectuaron colectas a través de dos corredores fisiográficos identificados como: Sierra Baja y Sierra Alta. De acuerdo con el agrupamiento, los maíces con mejor calidad proteínica fueron: Bofito Pinto (2 accesiones), Blandito, Chino Morado y Negro (accesiones 57, 58, 66, 49 y 36), que tuvieron bajo porcentaje de proteína (9.0 % en grano entero y 5.4 % en endospermo en promedio); los mejores contenidos de lisina (3.52 y 3.65 %) y triptofano (0.55 y 0.68 % en proteína), todos localizados en maíces de grano azul. Por su elevado contenido de aceite destacaron las colectas: 38 y 6 (6.0 y 5.2 %); las colectas 44, 20 y 33 por su alto porcentaje de proteína (12, 11.7 y 11.6 %) y las colectas 6, 44, 45, 50 y 60 por aportar las mayores cantidades de lisina y triptofano. En concordancia con los requerimientos establecidos por la FAO/WHO para la dieta de infantes menores de cinco años, se identificaron 24 colectas que pueden aportar más de 50 % de los requerimientos diarios de lisina, mientras que cinco accesiones contribuyeron con más de 50 % de las exigencias de trip-

tofano, entre las que destacan las colectas de grano azul. La calidad proteínica de estos maíces es nutricionalmente aceptable.

Palabras clave: *Zea mays*, maíces nativos, calidad proteínica.

SUMMARY

Knowledge of the genetic diversity of native maize (*Zea mays* L.) prevailing in the mountainous region of the State of Nayarit, México, might contribute to its preservation and use. Few studies on the nutritional attributes of these maize for the benefit of indigenous ethnic groups that own such plant genetic heritage have been carried out. In this study the nutritional attributes of 45 accessions of native maize from the mountains of Nayarit were measured. Collections were conducted from 2003 through 2006 at two physiographic units identified as: Sierra Baja and Sierra Alta. Bofito Pinto (2 accessions), Blandito, Chino Morado y Negro (accessions 57, 58, 66, 49 and 36) formed the group with the best quality protein; which had low percentage of protein (9.0 % in the whole grain and 5.4 % in endosperm, as an average). Nevertheless, the highest lysine (3.52 and 3.65 %) and tryptophan (0.55 and 0.68 % in protein) contents, were located in blue-grain maize. Accessions 38 and 6 were outstanding for high oil content (6.0 and 5.2 %), 44, 20 and 33 accessions for high protein (12.0, 11.7 and 11.6 %), accessions 6, 44, 45, 50 and 60 provided the largest amounts of lysine and tryptophan. In accordance with the requirements reported by the FAO/WHO for the diet of infants under five, 24 collections able to provide more than 50 % of the requirements of lysine were identified, while five accessions contributed more than 50 % of the requirements of tryptophan, especially in blue grain maize accessions. Therefore, the protein quality of these native maize is nutritionally acceptable.

Index words: *Zea mays*, landraces, quality protein.

INTRODUCCIÓN

En México existe una población de 31 millones de personas con problemas de desnutrición, de los cuales 18 millones padecen desnutrición severa; dentro de éstos 55 % lo conforman diez millones de indígenas de más de 65 grupos étnicos, y el resto es población urbana de escasos ingresos (INEGI, 2005). Aún cuando la producción de maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Nayarit llega a cubrir las necesidades, sobre todo de las zonas urbanas, la población principalmente indígena de los municipios de Huajicori, El Nayar y la Yesca, aunque produce y consume en sus localidades maíces criollos o nativos de color y textura de grano diversa, gran parte del año llega a padecer desabasto de este cereal, fuente principal de su dieta.

Mediante procesos de selección los grupos étnicos de México han generado sistemas de variedades específicas para cada nicho ecológico o microregión y para los diferentes usos (López y Muñoz, 1984; Gil *et al.*, 1995; Romero y Muñoz, 1996). A estos sistemas de variedades se les ha denominado Patrones Etnofitogenéticos o, simplemente Patrones Varietales. Los híbridos o variedades de maíz mejoradas son inadecuados para los productores

serranos por su alto costo e inadaptación y, sobre todo, porque en su proceso de obtención se ignoran los patrones varietales y las características de calidad de los maíces nativos, como el contenido nutrimental en grano. Pocos de los atributos importantes para los campesinos y población indígena han sido estudiados, y falta profundizar en los relativos a la calidad del grano y en el principal alimento, la tortilla.

Las etnias mexicanas cuentan con una gran riqueza fitogenética representada por una amplia diversidad de maíces de una pluralidad de colores (blancos, amarillos, rojos, rosas, negros, azules morados, multipigmentados, etc.) y gran variedad de platillos y usos especializados como: tortillas, pinole, tamales, tostadas, pozole, tejuino, piznate, atole, marquezote, obtención de pigmentos, azúcares, “totomoztle”, etc.), con prevalencia de granos con textura de dentada, semidentada a harinosa o blanda (Ron *et al.*, 2006). Sin embargo, la calidad nutritiva de estos criollos no ha sido completamente identificada, evaluada y caracterizada, para su aprovechamiento en mejorar la dieta y fortalecer la salud de la población indígena. El objetivo del presente estudio fue determinar los contenidos de aceite y la calidad proteínica con base en los contenidos de proteína total, lisina y triptófano, de colectas de maíces nativos de la región serrana del Estado de Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colectas. El germoplasma de maíz criollo investigado, estuvo conformado por 45 accesiones, que fueron colectadas durante los años de 2003 a 2006 en los municipios de Ruiz, Rosamorada, Jala, Huajicori y El Nayar. Los sitios de colecta fueron en coamiles y trojes (pequeñas construcciones locales hechas de madera y caña de maíz para almacenamiento y conservación del grano) en los patios de las casas de las comunidades visitadas. Cada colecta se identificó con sus datos de pasaporte, donde se detalla la geoposición del sitio de colecta, características de planta y manejo agronómico. Se colectó primordialmente semilla entre 4 y 8 kg) y muestras de 50 mazorcas por colecta.

Componentes químicos en grano entero y endospermo. Los análisis químicos se efectuaron en el Laboratorio de Calidad de Maíz del INIFAP. La muestra de dos kg se subdividió para evaluar proteína total, lisina y triptófano en grano entero y en endospermo. Las evaluaciones se practicaron en harina obtenida de la molienda del grano y el endospermo en un molino UDY tipo ciclónico con tamiz de 0.5 mm. El contenido de aceite se midió con el método 7.044, (AOAC, 1990); la proteína se determinó en un equipo Technicon con la metodología de Wall y Gehrke (1974); la lisina y triptófano se cuantificaron con los métodos colorimétricos descritos por Villegas *et al.*

(1985); se usó carbón activado en el hidrolizado para atrapar los pigmentos presentes en los maíces de color. Los resultados se informan en dos modalidades: a) porcentaje de aminoácido, en muestras de harina, de grano entero o endospermo, y b) contenido del aminoácido expresado en proteína. La aportación que hace cada uno de los maíces estudiados a la alimentación de niños menores de 5 años, que se obtuvo al dividir el porcentaje de aminoácido en proteína, entre el requerimiento óptimo de aminoácido recomendado por la FAO/WHO (1992) para niños de 2 a 5 años, con las siguientes relaciones: aporte de lisina = (% lisina en proteína/5.8) x 100; aporte de triptófano = (% triptófano en proteína/1.1) x 100; donde: 5.8 y 1.1 % corresponden a la ingesta óptima diaria recomendada por la FAO/WHO (1992).

Los análisis se hicieron por duplicado en harinas libres de humedad y aceite. Se evaluaron bajo un diseño experimental completamente al azar, para los análisis de varianza, comparación de medias (Tukey, 0.05) y correlación simple entre variables (SAS Institute, 1999). Con los promedios obtenidos en grano entero y endospermo, expresados en proteína, se hizo un análisis multivariado de variables canónicas (Johnson, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes químicos en grano entero

Los componentes químicos evaluados mostraron diferencias significativas entre colectas (Cuadro 1). La raza Tabloncillo mostró una amplia variación en el contenido de aceite, con valores que fueron desde 2.3 hasta 6.0 %, donde destacan por su alto contenido las colectas 38 de grano azul y 6 de grano blanco (Cuadro 2). No obstante, el promedio general (4.0 %) fue inferior a lo informado por Vázquez *et al.* (2003) para la raza Tabloncillo (5.3 %), lo cual pudiera deberse a los genotipos particulares, al manejo agronómico y las condiciones ambientales específicas donde se produjeron las semillas de estas colectas (Ortega *et al.*, 2001).

En proteína destacaron las accesiones 44, 20 y 33 (Cuadro 2) cuyos valores fueron superiores a los informados por Vázquez *et al.* (2003) para la raza Tabloncillo Perla (11.4%). Altos porcentajes de proteína (10.3 %), en maíces con texturas intermedias y suaves (datos no presentados), resultaron semejantes a los informados por Robutti *et al.* (2000) quienes en razas de maíces argentinos identificaron colectas de textura suave con alto contenido de proteína. Sin embargo, tales resultados son contrarios a lo informado para maíces mejorados, donde la textura dura se asoció con mayor cantidad de proteína (Salinas y Pérez, 1997) debido a una mayor proporción

de prolaminas (zeínas), fracción mayoritaria (50-70 %) en la proteína del endospermo del maíz, y deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano (Serna-Saldívar, 1996).

Los maíces nativos de Nayarit registraron en promedio una mayor cantidad de lisina en muestra (0.304 %) que la reportada por Ortega *et al.* (1986) para el maíz Tuxpeño (0.252 %). Los resultados indican que 75 % de las colectas tuvieron valores superiores a lo informado para maíces de endospermo normal, maíces mejorados comerciales que generalmente presentan un menor contenido de lisina y triptofano en el endospermo, en comparación con maíces con mayor calidad proteínica (Ortega *et al.*, 2001), por lo que representan una buena fuente del aminoácido esencial cuya ausencia limita la utilización de otros aminoácidos (Serna-Saldívar, 1996).

Las mejores colectas en contenido de lisina fueron la 60, 44 y 50, las tres de grano azul (Cuadro 2). El contenido de triptofano en muestra varió desde 0.040 hasta 0.061 %, con un promedio de 0.05 % que resultó semejante al 0.0549 % reportado por Ortega *et al.* (1986), pero inferior al de un híbrido mejorado de endospermo normal (Tuxpeño). Las colectas con mayor contenido de triptofano en muestra fueron 6, 45 y 50 (0.061%), las dos últimas de grano azul (Cuadro 2). En los dos aminoácidos las colectas con menor contenido de proteína, fueron las de mayor porcentaje de lisina y triptofano en proteína ($r = -0.68^{**}$; -0.59^{**}). Esto probablemente sea debido a que al presentarse un descenso en el nivel de proteína total, las prolaminas son las más afectadas por ser la fracción prevalente, y se incrementa la presencia relativa de otras proteínas que no son deficientes ni en lisina ni en triptofano, como las albúminas. De esta manera, sobresalieron las accesiones 56 y 57 de la raza Blandito, aunque con valores inferiores a lo informado

por Ortega *et al.* (1986) para el maíz Tuxpeño de alta calidad proteínica (QPM). La raza Blandito (colecta 57) destacó por ser de grano muy suave (datos no presentados), tener el menor contenido de proteína (7.9 %) y los mayores porcentajes de lisina (4.13 %) y triptofano (0.629 % en proteína); no obstante, al expresarse en muestra no se observa el mismo comportamiento (0.328 y 0.050 %), por lo que para efecto de seleccionar la calidad intrínseca de los maíces nativos se recomienda utilizar los porcentajes de aminoácidos en muestra.

Los maíces nativos de color azul, con excepción de la colecta 37, fueron de buena calidad proteínica, con contenidos de lisina que variaron desde 3.0 hasta 4.13 %, valores que resultaron superiores al 2.3 % informado por Betrán *et al.* (2001) para maíces de color azul. Los porcentajes de triptofano en los maíces azules, oscilaron desde 0.417 hasta 0.629 %, y resultaron semejantes a los informados para granos blancos de las razas Tuxpeño (0.56 %) por Ortega *et al.* (1986), así como de las razas Celaya (0.315%), Cónico (0.35 %), Ancho (0.53%) y Chalqueño (0.47 %) reportados por Hernández y Bates (1969).

De acuerdo con los requerimientos señalados por la FAO/WHO (1992) para niños de 2 a 5 años, las aportaciones de los maíces analizados se ubicarían desde 38 hasta 71 % en el caso de lisina, y de 38 a 57 % en el de triptofano (Cuadro 2). Se identificaron 24 maíces que aportan más de 50 % de los requerimientos de lisina, de los cuales 16 fueron de grano pigmentado. En triptofano, cinco colectas aportan más de 50 % de los requerimientos de este aminoácido, y cuatro de ellas fueron de color azul, lo que indica que la calidad proteínica de los maíces nativos de Nayarit es nutricionalmente aceptable, aunque su contenido puede variar de acuerdo al genotipo, al impacto ambiental y al manejo agronómico (Ortega *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Cuadrados medios en variables de calidad proteínica del grano en maíces nativos de Nayarit, México. 2006.

Fuente de variación	gl	Aceite	Proteína	Lisina [†]	Lisina ^{††}	Triptofano [†]	Triptofano ^{††}	Aport (Lis)	Aport (Trip)
Grano entero									
Accesiones	44	60.2**	86.8**	0.108**	18.94**	0.0031**	0.46**	6493.4**	2319.4**
Error	45	2.9	1.4	0.00041	0.12	0.00005	0.0071	60.1	36.3
Total	87	62.9	88.1	0.11	19.1	0.0032	0.462	6553.5	2355.7
CV (%)		6.5	1.7	1	2.1	2.2	2.7	2.1	2.7
Endospermo									
Accesiones	44		216.7 **	0.088 **	22.5 **	0.005 **	0.68 **		
Error	45		0.78	0.00011	0.17	0.0003	0.05		
Total	87		217.5	0.09	22.6	0.005	0.72		
CV (%)			1.7	0.7	2.1	5.3	5.5		

[†] % en muestra; ^{††} % en proteína; ** Diferente de cero ($P \leq 0.01$); gl = grados de libertad; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Contenido promedio de aceite, proteína, lisina y triptofano en grano entero de maíces nativos de Nayarit, México. 2006.

Acc. Núm.	Nombre común	Raza	Aceite [†] (%)	Proteína ^{††} (%)	Lisina ^{†††} (%)	†	Triptofano ^{†††} (%)	†	Req. FAO/WHO ^{†††}	
									Triptofano	Lisina
57	Bofito Pinto	Blandito	4.0	7.9	0.328	4.132	0.050	0.629	71.2	57.2
56	Bofito	Blandito	4.5	9.1	0.346	3.815	0.057	0.626	65.8	56.9
53	Chino Rojo	Tabloncillo	4.0	9.3	0.340	3.667	0.043	0.459	63.2	41.7
49	Chino Morado	Tabloncillo	3.5	9.2	0.334	3.629	0.051	0.550	62.6	50.0
58	Bofito Pinto	Blandito	4.0	9.9	0.344	3.489	0.052	0.526	60.2	47.9
55	Chino Pinto Rojo		3.5	9.8	0.342	3.488	0.055	0.564	60.1	51.3
50	Morado	Elotes	3.5	10.1	0.351	3.485	0.061	0.603	60.1	54.8
		Occidentales								
54	Sangre de Cristo	Jala	4.7	9.5	0.331	3.478	0.047	0.496	60.0	45.1
52	Rojo	Tabloncillo	4.5	10.2	0.350	3.437	0.048	0.468	59.3	42.5
48	Chaquira	Elotes	4.6	9.4	0.324	3.436	0.050	0.532	59.2	48.4
		Occidentales								
66	Blandito	Blandito	4.7	10.0	0.341	3.416	0.055	0.549	58.9	49.9
45	Negro	Tabloncillo	4.5	10.2	0.346	3.401	0.061	0.602	58.6	54.7
60	Negro	Tabloncillo	4.8	11.4	0.386	3.400	0.056	0.490	58.6	44.5
38	Negro	Tabloncillo	6.0	9.5	0.317	3.344	0.047	0.501	57.7	45.5
32	Chino Amarillo	Tabloncillo	3.8	9.6	0.316	3.305	0.046	0.486	57.0	44.2
14	Jazmín	Tabloncillo	3.0	10.4	0.325	3.158	0.051	0.500	54.4	45.4
46	Morado	Tabloncillo	3.2	9.9	0.308	3.100	0.041	0.417	53.4	37.9
28	Planeño	Tabloncillo	3.3	9.7	0.300	3.100	0.044	0.456	53.4	41.5
23	Planeño	Tabloncillo	3.5	9.2	0.281	3.055	0.046	0.500	52.7	45.5
		Perla								
16	Tampiqueño	Tabloncillo	3.3	10.1	0.304	3.051	0.051	0.507	52.6	46.1
65	Blanco	Dentado	4.8	10.7	0.323	3.017	0.051	0.474	52.0	43.1
17	Jala	Jala	4.0	10.5	0.312	2.958	0.055	0.520	51.0	47.3
36	Negro	Tabloncillo	2.9	8.1	0.239	2.942	0.041	0.500	50.7	45.5
44	Negro	Tabloncillo	4.4	12.0	0.352	2.933	0.054	0.450	50.6	40.9
34	Chino Amarillo	Tabloncillo	3.0	10.4	0.298	2.875	0.052	0.501	49.6	45.6
15	Tampiqueño	Tabloncillo	4.0	10.2	0.290	2.852	0.051	0.504	49.2	45.8
33	Planeño Amarillo	Tabloncillo	3.9	11.6	0.326	2.807	0.052	0.445	48.4	40.4
24	Planeño	Tabloncillo	3.2	11.1	0.284	2.746	0.045	0.434	47.4	39.5
		Perla								
4	Tablilla	Tabloncillo	3.5	10.8	0.294	2.740	0.052	0.486	47.2	44.2
30	Amarillo	Tabloncillo	4.4	9.7	0.265	2.732	0.044	0.453	47.1	41.1
18	Blanco Veracruz	Tabloncillo	3.0	10.9	0.291	2.678	0.052	0.483	46.2	43.9
12	Chino/Jazmín	Tabloncillo	4.2	11.1	0.296	2.665	0.057	0.509	46.0	46.3
31	Tampiqueño	Tabloncillo	4.0	10.8	0.287	2.654	0.042	0.391	45.8	35.6
	Amarillo									
25	Planeño	Tabloncillo	4.4	10.2	0.270	2.638	0.045	0.438	45.5	39.9
		Perla								
29	Criollo Elotero	Tabloncillo	3.0	10.8	0.284	2.623	0.055	0.510	45.2	46.3
6	Olotillo	Tabloncillo	5.2	11.1	0.289	2.609	0.061	0.550	45.0	50.0
2	Planeño	Tabloncillo	4.5	10.6	0.274	2.598	0.052	0.488	44.8	44.4
19	Chino Blanco	Tabloncillo	3.0	10.7	0.271	2.537	0.048	0.449	43.7	40.8
20	Olotillo	Tabloncillo	3.3	11.7	0.293	2.513	0.048	0.411	43.3	37.3
37	Negro	Tabloncillo	4.0	9.1	0.238	2.502	0.042	0.460	43.1	41.8
5	Jazmín	Tabloncillo	4.5	10.9	0.266	2.456	0.050	0.462	42.3	42.0
13	Chino Blanco	Tabloncillo	4.0	11.0	0.266	2.429	0.052	0.474	41.9	43.1
1	Planeño	Tabloncillo	3.8	11.4	0.274	2.403	0.040	0.347	41.4	31.6
11	Chino Blanco	Tabloncillo	4.5	11.2	0.257	2.301	0.049	0.435	39.7	39.6
3	Planeño	Tabloncillo	4.8	11.0	0.243	2.217	0.046	0.422	38.2	38.3
	Promedio maíces nativos		4.0	10.3	0.304	2.996	0.050	0.490	51.7	44.6
	Tuxpeño endospermo normal [‡]			9.8	0.252	2.570	0.055	0.56	44.3	50.9
	Tuxpeño QPM [‡]			9.8	0.414	4.220	0.099	1.01	72.8	91.8
	DSH _{0.05}		1.06	0.74	0.013	0.26	0.004	0.05	4.89	3.8

[†] Con base en peso seco; ^{†††} muestras libres de humedad y aceite, N x 6.25; ^{†††} % en muestra; [†] % en proteína; ^{††} FAO/WHO (1992); [‡] Ortega *et al.* (1986); DSH_{0.05} = Diferencia significativa honesta ($P \leq 0.05$).

Componentes químicos en endospermo. El contenido de proteína en endospermo correlacionó con el de grano entero ($r = 0.47^{**}$). Los maíces amarillos fueron los de mayor porcentaje, ya que el endospermo de los maíces azules, pintos y rojos tuvieron menor contenido de proteína, así como de lisina y triptofano en muestra (Cuadro 3). Los maíces nativos de Nayarit de granos blancos y amarillos tuvieron mayor cantidad de lisina y triptofano en su endospermo que los maíces pigmentados, por lo que se infiere que la mejor calidad en grano entero de los maíces pigmentados, se debe a un germen de mayor tamaño. En endospermo los mayores porcentajes de lisina y triptofano, expresados con base en proteína, en comparación con los del grano entero, es producto de los reducidos contenidos de proteína en esta estructura del grano (Cuadro 3).

Análisis multivariado

En el cotejo de los parámetros de calidad proteínica las dos primeras variables canónicas explicaron 98 % de la variabilidad total. La variable canónica 1 discriminó entre las variables de proteína en grano entero y en endospermo, triptofano y lisina en endospermo; en tanto, la variable canónica 2 separó por lisina y triptofano en grano entero (Figura 1). Las accesiones con la mejor calidad proteínica fueron las del grupo III (57, 66, 49, 58 y 36) que se caracterizaron por tener bajo porcentaje de proteí-

na total (9 % en grano entero y 5.4 % en endospermo); consecuentemente, tuvieron los más altos contenidos de lisina (3.52 y 3.65 %) y triptofano (0.551 y 0.684 %). Dos colectas fueron de grano azul y tres de grano pinto azul, con predominio de la raza Blandito.

Le siguió en orden de importancia el grupo II con diez accesiones, que registró valores de proteína de 9.8 y 7.1 %; lisina de 3.427 y 2.865 % y triptofano de 0.524 y 0.542 % para grano entero y endospermo, respectivamente. Cinco colectas fueron de grano azul, tres de color rojo y dos blancas. El grupo IV tuvo promedios de proteína de 10.3 y 7.1 %; lisina, de 2.764 y 3.231 %; y triptofano de 0.4665 y 0.574%, y se apreció que el bajo contenido de proteína en el endospermo eleva los valores de los aminoácidos esenciales para resultar estos superiores a los del grano entero. La mayoría de artículos que abordan el tema, presentan los contenidos de aminoácidos en proteína (Ortega *et al.*, 1986; FAO/WHO, 1992; Rooney y Serna-Saldívar, 2003), pero sería mejor en muestra y con base en proteína. Inversamente, el grupo I, que incluyó los maíces con mayor contenido de proteína (11.0 y 9.1 %), presentó los menores porcentajes de lisina (2.765 y 2.586 %) y de triptofano (0.471 y 0.490 %), en los que las diferencias entre el grano entero y el endospermo fueron menores.

Cuadro 3. Promedio en variables de calidad proteínica de agrupaciones por color del grano en maíces nativos de Nayarit, México. 2006.

Grupos de maíces	Aceite (%)	Proteína (%)		Lisina (% en muestra)		Lisina (% en proteína)	
	G	G	E	G	E	G	E
Rojos	4.2 ab	9.7 cb	6.8 b	0.341 a	0.207 bc	3.52 a	3.11 b
Pintos	4.3 a	9.3 c	5.5 c	0.338 a	0.199 c	3.68 a	3.61 a
Azules	4.1 ab	9.9 cb	6.8 b	0.319 ab	0.202 c	3.22 b	3.02 b
Amarillos	3.6 b	10.4 ab	8.5 a	0.296 cb	0.252 a	2.87 c	3.03 b
Blancos	3.9 ab	10.7 a	8.1 a	0.288 c	0.225 b	2.74 c	2.83 b
DSH _{0.05}	0.58	0.73	1.02	0.024	0.023	0.28	0.38
	Triptofano (% en muestra)		Triptofano (% en proteína)				
	G	E	G	E			
Rojos	0.048 a	0.037 b	0.497 b	0.546 bc			
Pintos	0.052 a	0.037 b	0.568 a	0.670 a			
Azules	0.051 a	0.039 ab	0.511 b	0.578 b			
Amarillos	0.048 a	0.041 ab	0.463 b	0.497 c			
Blancos	0.050 a	0.043 a	0.477 b	0.540 bc			
DSH _{0.05}	0.005	0.004	0.048	0.062			

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05); DSH_{0.05} = Diferencia significativa honesta ($P \leq 0.05$); G = Grano entero; E = Endospermo.

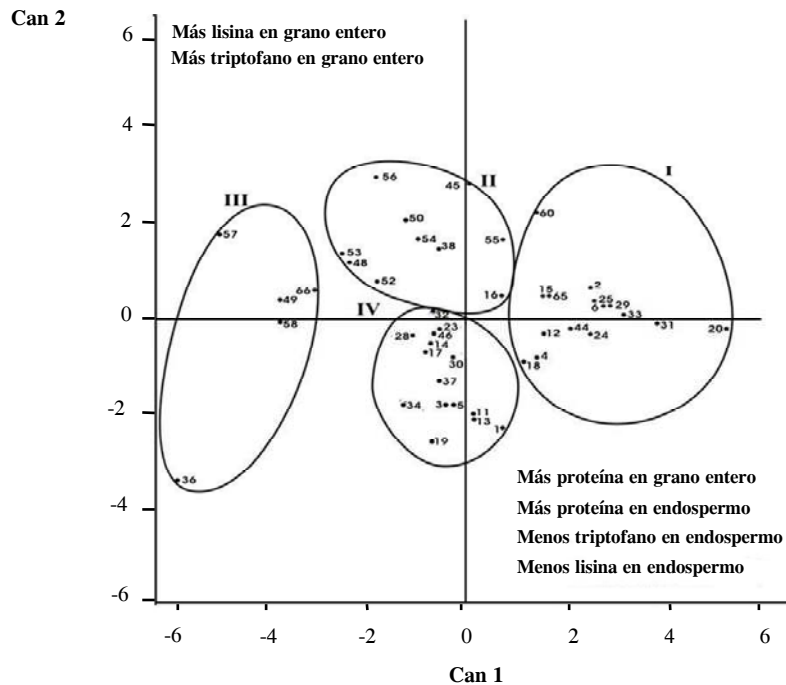


Figura 1. Representación gráfica de variables canónicas (Can) de parámetros de calidad proteínica en maíces nativos de Nayarit. 2006.

CONCLUSIONES

Los maíces con mejor calidad proteínica fueron Bofito Pinto, Blandito, Chino Morado y Negro (accesiones 57, 58, 66, 49 y 36), los cuales presentaron bajo porcentaje de proteína (9 % en grano entero y 5.4 % en endospermo). Los mejores contenidos de lisina (3.522 y 3.654 %) y triptofano (0.551 y 0.684 % en proteína), fueron registrados en maíces de grano azul. Por su elevado contenido de aceite destacaron las accesiones 38 y 6 (6.0 y 5.2 %); las colectas 44, 20 y 33 por su alto contenido de proteína (12.0, 11.7 y 11.6 %), y las colectas 6, 44, 45, 50 y 60 por aportar las mayores cantidades de lisina y triptofano, expresados en porcentaje de la muestra. Se identificaron 24 colectas que aportan más de 50 % de los requerimientos de lisina, mientras que cinco accesiones aportaron más de 50 % de los requerimientos de triptófano, de acuerdo con los requerimientos establecidos por la FAO/WHO para la dieta de infantes menores de cinco años; en este caso sobresalen las colectas de grano azul. Por lo anterior, la calidad proteínica de estos maíces es nutricionalmente aceptable.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (1990) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. AOAC, Washington DC, USA.
- Betrán F J, A J Bockholt, I W Rooney (2001) Blue corn: *In*: Specialty Corns. A R Hallauer (ed). CRC Press. Florida, USA. pp:293-301.
- FAO/WHO (1992) International Conference on Nutrition. Nutrition and Development-A Global Assessment. Food and Agriculture Organization/World Health Organization. Rome, Italy. 120 p.
- Gil M A, A Muñoz O, A Carballo C, A Trinidad S (1995) El patrón varietal de maíz en la región sureste de la sierra purépecha. I. Variables importantes empleadas en su definición. Rev. Fitotec. Mex. 18:163-173.
- Hernández H H, L S Bates (1969) A modified method for rapid tryptophan analysis of maize. CIMMYT. Research Bull. 13. El Batán, Mexico. pp:1-7
- INEGI (2005) Anuario Estadístico de Nayarit. Agricultura. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Ed. 2005. www.inegi.gob.mx/nayarit. (Agosto 02, 2007).
- Johnson D E (2004) Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. International Thomson Ed. México, D F. 566 p.
- López H A, A Muñoz O (1984) Relación de la coloración del grano con la precocidad y la producción en maíces de Valles Altos. Rev. Chapingo 43-44:31-37.
- Ortega C A, O Cota A, S K Vasal, E Villegas M, H Córdova O, M A Barreras S, J J Wong P, C A Reyes M, RE Preciado O, A Terrón I, A Espinosa C (2001) H-441C, H-442C y H-469C, híbridos de maíz de calidad proteínica mejorada para el Noroeste y Subtrópico de México. Folleto Téc. No. 41. INI-FAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Son. 44 p.
- Ortega E I, E Villegas, S K Vasal (1986) A comparative study of protein changes in normal and quality protein maize during tortilla making. Cereal Chem. 63:446-451.
- Robutti J, F Borras, M Ferrer, M Percibaldi, C A Knutson (2000) Evaluation of quality factors in Argentine maize races. Cereal Chem. 77:24-26.

- Romero P J, A Muñoz O (1996)** Patrón varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas agrícolas en la región de Tierra Caliente. *Agrociencia* 30:63-73
- Ron P J, J J Sánchez G, A A Jiménez C, J A Carrera V, J G Martín L, M M Morales R, L de la Cruz L, S A Hurtado P, S Mena M, J G Rodríguez F (2006)** Maíces nativos del occidente de México. *Sciencia-CUCBA* 8:1-139.
- Rooney L W, S O Serna-Saldívar (2003)** Food use of whole corn and dry-milled fractions. *In: Corn: Chemistry and Technology*. P J White, L A Johnson (eds). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. pp:495- 535.
- Salinas M Y, P Pérez H (1997)** Calidad nixtamalera-tortillera en maíces comerciales de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 20:121-136.
- SAS Institute (1999)** Statistical Analysis System for Windows. Versión 8. SAS Institute, Inc. Cary, N. C., USA.
- Serna-Saldívar S O (1996)** Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. A. G. T. Editor, S. A. México, D. F. 519 p.
- Vázquez C M G, L Guzmán B, J L Andrés G, F Márquez S, J Castillo M (2003)** Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:231-238.
- Villegas E, E Ortega, R Bauer (1985)** Métodos químicos usados en el CIMMYT para determinar la calidad de la proteína de los cereales. *Bol. Téc.* 20, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, Edo. de México. 32 p.
- Wall L L, W Ch Gehrke (1974)** Total protein nitrogen measure automated Technicon BD/AAL. Method presented at the 88th Annual Meeting of the AOAC. 50 p.