

VALORACIÓN DE GRANOS DE MAÍCES CRIOLLOS SOBRESALIENTES DE LA RAZA ZAPALOTE CHICO¹

[ASSESSMENT OF GRAINS OF STOCKS OUTSTANDING OF ZAPALOTE CHICO RACE MAIZE]

José Manuel Cabrera Toledo^{1§}, Aquiles Carballo Carballo², J. Apolinar Mejía Contreras², Gabino García de los Santos², Humberto Vaquera Huerta², Manuel Cabrera González²

¹Profesor, Tecnológico Nacional de México-Comitancillo. Carretera Ixtaltepec-Comitancillo km 7.5. San Pedro Comitancillo, Oax. ²Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, México. [§]Autor para correspondencia: (cabrera.jose@colpos.mx).

RESUMEN

El consumo de maíz en México se basa en la gran diversidad de productos nixtamalizados. La composición química y la estructura de grano de maíz influyen sobre el proceso de nixtamalización, calidad de tortilla y de la harina nixtamalizada. La raza de maíz Zapalote Chico se distribuye en un área geográfica claramente definida de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec, estado de Oaxaca. El objetivo del presente trabajo fue comparar las propiedades físicas del grano de maíz de 18 criollos mejorados de esta raza, para determinar la calidad de nixtamal, masa, tortilla y totopo. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de calidad de maíz del INIFAP-Valle de México, considerando las metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz. El largo de grano osciló de 9.48 a 11.66 mm. La dureza de grano se identificó como suave a intermedio. En el peso por hectolitro y porcentaje de reflectancia de la muestra de maíces cumplen con los requisitos establecidos en la norma de calidad. Se concluye que existe variación intraracial y la mayoría de los maíces evaluados presentan características de calidad que requiere la industria tradicional de la masa tortilla y totopo.

Palabras clave: Diversidad genética, nixtamalización, totopo.

ABSTRACT

The consumption of corn in Mexico is based on the great diversity of nixtamalized products. The chemical composition and structure of the corn grain influence the process of nixtamalization, quality of tortilla and nixtamalized flour. The Zapalote Chico corn race covers an extensive area of the coastal plain of the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca state. It is of the races that better defined have their geographic area of distribution. The objective of the present work was to compare the physical properties of corn kernels of 18 improved criollos of this breed, to determine the quality of nixtamal, masa, tortilla and totopo. The determinations were made in the corn quality laboratory of the INIFAP-Valley of Mexico, considering the nixtamalera-tortillera quality analysis methodologies in corn. The grain length ranged from 9.48 to 11.66 mm. The grain hardness was

¹ Recibido: 26 de abril de 2019.
Aceptado: 20 de junio de 2019

identified as mild to intermediate. In the weight per hectolitre and% of reflectance of the maize sample, they meet the requirements established in the quality standard. It is concluded that there is intraracial variation and most of the maize evaluated have quality characteristics that the traditional mass industry requires tortilla and totopo.

Index words: Genetic diversity, nixtamalization, totopo.

INTRODUCCIÓN

En México predomina un fuerte arraigo por el consumo de maíz y le distingue por tener una gran tradición en este cultivo, constituyéndolo como uno de los países más importantes en su cultivo, uso y aprovechamiento. En este contexto, sus razas nativas cumplen una función relevante al formar la materia prima para la elaboración de los diferentes preparados para el consumo humano (Fernández *et al.*, 2013).

La mayor diversidad genética de maíz se localiza en México, misma que se manifiesta en los diversos caracteres morfológicos, vegetativos, de espiga, mazorcas, grano y uso de estos últimos en preparaciones culinarias tradicionales (Vázquez *et al.*, 2003; Turrent *et al.*, 2010). Los maíces nativos, además de ser parte del patrimonio biocultural que México ha regalado al mundo, son el sustento de miles de familias en zonas rurales. Las razas nativas con usos especiales en la alimentación, presentan características únicas que las hacen insustituibles para preparar una gran variedad de platillos tradicionales (Fernández *et al.*, 2013).

Predomina en México una gran diversidad de productos nixtamalizados, que forman parte de la alimentación de los pobladores, como tortilla, pinole, atole, tostada, totopo y tamal; de estos, la tortilla constituye el principal producto, cuyo consumo diario per *cápita* es de 155.4 g en zonas urbanas y 217.9 g en las zonas rurales, constituyéndose de esa manera en el segundo producto más importante en la canasta básica (SE-DGIB, 2012). Las razas nativas de maíz en México siguen siendo procesadas mediante la nixtamalización, lo cual conlleva a numerosos efectos positivos en la liberación de componentes nutraceuticos, pero también a la degradación y modificación química de otros (Serna *et al.*, 2013). Las tortillas de maíz nativo son, más que un medio de bienestar y subsistencia, un eje de la libre determinación interiorizada en mujeres y hombres que, permite vislumbrar gestos de afectividad (Cárdenas *et al.*, 2019)

La composición química y la estructura de grano de maíz influyen sobre el proceso de nixtamalización, calidad de tortilla y de la harina nixtamalizada (Zepeda *et al.*, 2009). El nivel y la uniformidad de la calidad de grano de maíz empleado como materia prima para la nixtamalización son importantes en la calidad del producto final. Las características de calidad del grano son determinadas por factores genéticos y por las condiciones de producción y de manejo (Vázquez *et al.*, 2003).

Entre los factores más importantes para que una tortilla sea aceptada por los consumidores es la textura, entre más blanda y suave sea una tortilla, el trabajo necesario para su masticación será menor Gasga y Casas (2007). Al respecto Antuna *et al.* (2008) indican que los atributos de una tortilla de buena calidad pueden considerarse los siguientes: fácil enrollado, suavidad al tacto, olor, sabor, textura y plasticidad; tales atributos se obtienen mediante un procesamiento con concentraciones adecuadas de cal y tiempos apropiados de cocimiento. En la elaboración de

tortillas se requiere un grano que produzca masa con alta humedad, buena extensibilidad y resistencia entre otras características (Arámbula *et al.*, 2001).

Según Mauricio *et al.* (2004), entre las propiedades importantes para la clasificación del uso alimentario del maíz en México están el tamaño del grano, su gravedad específica y su dureza, así como su capacidad de absorción de agua y rendimiento de masa, rendimiento de tortilla, la pérdida de peso durante la cocción de la tortilla y la resistencia al corte de la tortilla. El color del grano de maíz varía ampliamente entre genotipos, y aunque no se considera una propiedad importante para su uso alimentario, influye considerablemente en la preferencia del consumidor (Mauricio *et al.*, 2004; Aragón *et al.*, 2012).

La dureza del grano está relacionada con el peso hectolitrito e índice de flotación. Ambas se correlacionan de manera inversa, mientras mayor peso hectolitrito tenga un maíz, más duro será y su índice de flotación será menor (Salinas *et al.*, 2010). Figueroa *et al.*, (2013) puntualizan que el endospermo es el componente principal del grano que contribuye de manera importante en la dureza del grano.

Los rendimientos de masa y tortilla dependen de la capacidad del grano para absorber agua y retenerla durante las etapas del proceso; particularmente la tortilla pierde una cantidad importante de agua durante la formación de la “ampolla”, que es la etapa final del cocimiento (Salinas y Aguilar, 2010).

El estado de Oaxaca posee una alta variación genética en el cultivo del maíz, por su situación geográfica, abundante variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento de esta especie y principalmente al gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años (Aragón *et al.*, 2006). El maíz Zapalote chico cubre una extensa área de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec. Es de las razas que mejor definida tienen su área geográfica de distribución.

Por la gran importancia que identifica a este cultivo en la zona, así también a los escasos estudios sobre el tema, se desarrolló el presente trabajo, cuyo objetivo fue comparar las propiedades físicas del grano de maíz de la raza Zapalote Chico y la calidad de nixtamal, masa, tortilla y totopo de 18 criollos mejorados, bajo el supuesto que entre ellos existen diferencias en las propiedades evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Germoplasma

Los materiales utilizados se derivaron de una colección regional realizada por investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y del Instituto Tecnológico de Comitancillo (ITC) en el año de 1997. La depuración de las accesiones se realizó considerando aspectos de identificación de la raza de interés, así como valores agronómicos y de preferencia de productores. Las muestras en estudio se produjeron en el ciclo de cultivo primavera-verano 2012, en terrenos experimentales del Instituto Tecnológico de Comitancillo Oax., (Cuadro 1). El clima de este sitio es cálido sub-húmedo, el más seco de los sub-húmedos, temperatura media anual de 27 °C, precipitación media anual de 600 mm; la densidad de población fue de 72 700 plantas por hectárea y fertilización de 92N-46P-00K.

Cuadro 1. Sitios de colecta y denominación de 18 maíces criollos sobresalientes de la raza Zapalote chico.

	Variedad	Comunidad	Nombre local	Color	Altitud (m)
1	OAX-823	San Pedro Comitancillo	Hoja morada	Blanco	76
2	OAX-826	San Pedro Comitancillo	Zapalote chico	Blanco	72
3	OAX-827	San Pedro Comitancillo	Zapalote	Blanco	70
4	OAX-830	Sto. Dgo Chihuitán	Zapalote blanco	Blanco	96
5	OAX-832	Sto. Dgo Chihuitán	Cuarentena	Blanco	99
6	OAX-834	Stgo. Laollaga	Zapalote	Blanco	127
7	OAX-838	Stgo. Laollaga	Zapalote	Blanco	130
8	COL-29	Sn Fco. Ixhuatán	Zapalote	Blanco	16
9	COL-31	Montecillo Sta. Cruz	Zapalote	Blanco	15
10	COL-32	Montecillo Sta. Cruz	Zap. enredado	Blanco	10
11	COL-34	Unión Hidalgo	Zapalote morado	Blanco	15
12	COL-36	Unión Hidalgo	Zapalote chico	Blanco	17
13	COL-45	Sta. Ma. Xadani	Maíz chiquito	Blanco	10
14	COL-51	Álvaro Obregón	Olote colorado	Blanco	25
15	COL-58	San Blas Atempa	Maíz chico	Blanco	35
16	COL-62	El Morro Mazatán	Criollo	Blanco	19
17	COL-64	El Morro Mazatán	Chiquito morado	Blanco	5
18	ZAP MOR	San Pedro Comitancillo	Zapalote morado	Blanco	70

Registro de datos y variables y caracterización física del grano

Las determinaciones y análisis de las características de calidad del grano y totopos se realizaron en el Laboratorio de Calidad de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Texcoco, Estado de México.

Índice de Flotación (IF). Número de granos flotantes de un total de 100, colocados en una solución de nitrato de sodio ($IF = Nf/100$) a una densidad de 1.25 g ml⁻¹ (Salinas *et al.*, 1992). Peso hectolítrico (densidad aparente).- La prueba se desarrolló de acuerdo al método 84-10 AACC, empleando una balanza para peso hectolítrico. El resultado se expresa en kg hL⁻¹. Tamaño de grano.- Se determinó de acuerdo al método descrito por Salinas y Vázquez (2006). De cada colecta se eligieron 10 granos al azar de una muestra homogenizada a los cuales se les midió el largo, ancho y espesor con la ayuda de un vernier milimétrico. Los resultados se expresaron en mm.

Color de grano, color de masa, color de tortilla y color de totopo.- Se midió usando el colorímetro Mini Scan XE plus (Hunter Lab, modelo 45/0-L), que descompone el color en tres variables: L* que representa la luminosidad y cuyos valores van del 100, que corresponde al blanco, hasta cero para el negro; la escala a* que registra valores positivos cuando están presentes los tonos rojos y adquiere valores negativos cuando registra tonos verdes. La variable b* califica los colores

amarillos (+) a azul (-). Con las variables a^* y b^* se calculó el ángulo del tono hue o tinte ($\text{hue} = \arctan a/b$), que es un valor angular, el cual indica el cuadrante correspondiente al color de la muestra en un sistema cartesiano, donde el eje X corresponde a los valores de a y el eje Y a los de b , donde 0° = color rojo-púrpura; 90° =amarillo; 180° =verde; y 270° =azul (Mc Guire 1992).

Componentes estructurales del grano. Se llevó a cabo de acuerdo con lo descrito por Salinas y Vázquez (2006). Se eligieron 25 granos al azar para cada una de las colectas, estas, se remojaron en agua ($70-80^\circ\text{C}$) durante 15 minutos y con la ayuda de un bisturí se separaron cada uno de los componentes del grano (pedicelo, pericarpio, germen y endospermo), las cuales se colocaron en cajas de aluminio previamente llevadas a peso constante. Se tomó el peso de cada una de las fracciones y se registró. Las muestras se colocaron en una estufa a 130°C por una hora para determinar la humedad. Posteriormente se calcularon las fracciones, los resultados se expresan en porcentaje.

Proceso de nixtamalización. La nixtamalización consistió en la cocción de 100 g de maíz con 0.7 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y 200 mL de agua. Los granos de maíz y los solventes se mezclaron en un vaso de precipitados de 600 ml, se calentó en una parrilla para nixtamalización hasta alcanzar el punto de ebullición. El tiempo de nixtamalización se asignó de acuerdo con el IF: IF=0-12 % 45 min, IF=13-38 % 40 min, IF=39-62 % 35 min, IF=63-87 % 30 min, IF=88-100 % 25 min. Al finalizar el cocimiento el grano reposó 16 h, luego se lavó con 200 mL de agua y se molió en un molino de piedras hasta obtener una masa de textura fina (Salinas y Arellano, 1989; Vázquez *et al.*, 2011). La elaboración de las tortillas, la evaluación del porcentaje de sólidos en nejayote (agua de cocción) y el pericarpio retenido en el nixtamal se realizó de acuerdo con los métodos descritos por Salinas y Vázquez (2006). Las características asociadas al proceso de nixtamalización aquí determinadas fueron:

Humedad del nixtamal (HN), expresada como porcentaje de agua por 100 g de nixtamal. Pérdida de sólidos (PS), estimada a partir del peso seco de los residuos de la nixtamalización y lavado, y expresada en porcentaje con respecto al peso total del grano en base seca. Rendimiento de maíz-tortilla: se determinó a partir de una muestra de 100 g de grano nixtamalizado, se registró el peso total de las tortillas obtenidas, tanto en tortilla caliente (recién hechas) como en fría (después de que la tortilla alcanza la temperatura ambiente) y los productos correspondientes fueron expresados como porcentajes con respecto a 1 kg de grano.

Las tortillas se moldearon en una prensa manual y sometieron a cocción sobre una plancha metálica, se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 min., tapadas con una manta de algodón. Después se empacaron en bloques de 20 tortillas por tratamiento, se colocaron en bolsas de polietileno tipo Ziploc, se envolvieron en una manta para evitar pérdidas de humedad y se almacenaron a $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ (ambiente). Elaboración de totopos.- Los totopos fueron hechos de manera artesanal en la población de San Pedro Comitancillo, Oax., por la señora Rosaura Toledo Santiago, edad 50 años, con una experiencia en elaboración y venta de totopos por más de 30 años. Se consideró un kilogramo de grano de cada variedad. Una vez elaborados los totopos se enviaron al laboratorio el día siguiente para su análisis.

Análisis de datos

Las variables se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos correspondieron a los 18 maíces criollos en estudio, la definición de las unidades experimentales, así como sus repeticiones, fue de acuerdo con Salinas y Vázquez (2006). Se realizó el análisis de varianza, pruebas de medias (Tukey, 0.05) y con los datos promedios un análisis de componentes principales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los 18 criollos mejorados (Cuadro 2) en la mayoría de las características físicas de grano, nixtamalización, masa, tortilla y totopo, es decir, se presentó variabilidad fenotípica que podría indicar posible variabilidad genética entre ellos, por lo que se confirma, que esta variabilidad intraracial es un aspecto que se debe valorar en las actividades de conservación *Insi-tu*, con miras a implementar programas de mejoramiento genético para un mejor uso y aprovechamiento de estos recursos fitogenéticos.

Características físicas del grano

Los granos de 18 poblaciones en estudio mostraron diferencias ($p \leq 0.05$) en las características físicas (Cuadro 3). El contenido de humedad inicial del grano de todos los maíces estuvo entre 11.4 y 12.8 %. El peso y tamaño de grano influyen en el contenido de humedad. Todas las variedades evaluadas sus maíces cumplieron con el requerimiento mínimo de peso hectolítrico establecido en la norma de calidad ($\geq 74 \text{ kg hL}^{-1}$) para maíces destinados al proceso de nixtamalización.

El índice de flotación que es un dato indirecto de la dureza del grano, determinada por la proporción de endospermo harinoso y córneo (Salinas y Vázquez, 2006), en los maíces en estudio, varió desde 46.00 a 85.67 %, arrojando texturas, intermedias (50 %) y suaves (50%). Estos valores son superiores a lo establecido en la norma NMX-034 (2002). Los granos duros presentan bajos índices de flotación, mientras que los maíces suaves presentan índices altos (Aragón *et al*, 2012). La dureza como una característica de la textura de los granos de maíz, debe ser considerada como resultado de varias características fisicoquímicas, entre las físicas más importantes son densidad (gravedad específica, contenido de germen, porcentajes de endospermo y pericarpio, y tamaño del granulo de almidón (Figuroa *et al.*, 2013).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadísticas de variables físicas de maíces criollos mejorados de la raza Zapalote Chico.

Caracteres	Cuadrados medios		Media general	CV (%)	
	Variedades	Error			
Grano					
	Humedad	1.019**	0.007	11.6	0.74
	Índice de flotación	561.647**	25.777	66.33	7.65
	Peso hectolítrico	6.974**	0.041	75.59	0.27
	Peso de 100 granos	14.512**	0.449	26.83	2.49
	Largo	2.535 ^{ns}	1.631	10.31	12.39
	Ancho	4.22**	1.241	8.88	12.54
	Espesor	2.585*	1.202	4.86	22.56
	Color L [†]	3.756**	1.895	71.73	1.919

	Pedicelo	0.024*	0.007	1.45	5.79
	Pericarpio	0.364**	0.029	4.59	3.72
	Germen	1.201**	0.209	13.52	3.38
	Endospermo	1.149**	0.292	80.43	0.67
Nixtamalización	Porcentaje de solidos	0.416**	0.004	3.01	2.22
	Humedad	6.529*	2.327	44.94	3.39
Masa	Humedad	1.875**	0.045	55.79	0.38
	Color L [†]	2.98**	0.31	82.64	0.623
	Humedad	10.272**	1.495	43.16	2.83
Tortilla	Color L [†]	5.58**	0.501	79.23	0.894
	Dureza	3876.32**	977.63	205.19	15.24
	Extensibilidad	14.45 ^{ns}	14.681	9.18	41.74
	Peso unitario	15.19**	3.868	58.15	3.38
Totopo	Diámetro	0.858 ^{ns}	0.747	23.57	3.67
	Humedad	3.36**	0.862	7.38	12.59
	Color L [†]	1.93**	0.568	78.95	0.95

*, ** Significativo al 0.05 y 0.01; CV= Coeficiente de variación; † =Medido como porcentaje de reflectancia.

Los granos de maíces evaluados al reportar porcentajes de reflectancia entre 70.41 y 74.05, se ubican por arriba de la norma de la industria (>55), determinándose como color blanco, tal como se reporta en los datos de origen (Cuadro 1). Estos valores ofrecen la tendencia del color que tendrán sus productos (tortilla y totopo). En general, el color del grano tiende a ser más blanco a mayor proporción de endospermo harinoso, (Salinas *et al.*, 1992). En el procesamiento industrial del maíz para obtener sus diversos productos, se requiere de materia prima con calidad específica relacionadas a las características físicas y químicas del grano.

Cuadro 3. Características físicas de los maíces criollos mejorados de la raza Zapalote chico.

	Variedad	HUM	PCG	PH	IF	Dureza [†]	Color
		(%)	(g)	(kg hL ⁻¹)	(%)		L (%)
1	OAX-823	12.8a	25.77f	72.65h	83.33a	S	72.25ab
2	OAX-826	12.5b	27.46cde	74.15fg	74.00abc	S	71.97ab
3	OAX-827	12.8a	30.60a	77.20bc	47.33ef	I	70.79ab
4	OAX-830	12.37b	27.25cde	75.20d	70.33abcd	S	71.75ab
5	OAX-832	11.7c	26.38def	77.25bc	46.00f	I	70.39b
6	OAX-834	11.33de	28.01bcd	73.50g	85.67a	S	71.53ab
7	OAX-838	11.33de	27.77cd	76.45cd	58.33def	I	70.41b
8	COL-29	11.13ef	28.54bc	73.70g	81.00a	S	71.24ab
9	COL-31	11.13ef	24.61f	73.65g	82.33a	S	71.85ab
10	COL-32	11.07f	26.65cdef	74.20fg	71.33abcd	S	74.05 ^a
11	COL-34	11.37de	25.46ef	74.85ef	80.33a	S	70.89ab
12	COL-36	11.37de	26.03def	76.05d	62.33bcde	I	71.48ab

13	COL-45	11.17def	27.20cde	76.70bcd	58.67cdef	I	71.7ab
14	COL-51	11.4d	27.23cde	78.65a	49.67ef	I	71.59ab
15	COL-58	11.37de	26.83cde	76.65bcd	61.00bcdef	I	71.94ab
16	COL-62	11.33de	29.91ab	78.65a	46.33f	I	71.18ab
17	COL-64	11.27def	27.78cd	77.40b	60.00cdef	I	72.51ab
18	ZAP MOR	11.37de	20.53g	73.70g	76.00ab	S	73.68ab
DMS		0.26	2.05	0.81	15.55		3.57
NMX-034(2002) HN			36-40	≥74	≤ 20		≥57
	MyT		30-35	≥74	≤ 50		> 70

DMS=diferencia mínima significativa ($p \leq 0.05$); NMX=norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (HN=harina nixtamalizada; MyT=masa y tortilla); HUM=humedad; PCG=peso de 100 granos; PH=peso hectolítrico; IF=índice de flotación; † S; suave si IF= 63-87%; I; intermedio si IF= 38-62%; L=reflectancia. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

En la industria de la molienda seca, la densidad del grano es importante debido a que una mayor densidad repercute en forma positiva en el rendimiento y calidad de las sémolas; la industria refinadora de almidón prefiere granos suaves o de baja densidad por requerir menor tiempo de remojo en la solución de dióxido de azufre, y presentar un mayor contenido de almidón y menor contenido de proteína, comparado con los de grano de textura vítrea (Serna, 1996)

Tamaño y componentes estructurales del grano

En las dimensiones de grano de los maíces en los 18 criollos mejorados se detectaron diferencias ($P \leq 0.05$). El largo, ancho y espesor presentaron una media general de 10.31, 8.88 y 4.86 mm respectivamente (Cuadro 4). Estos valores no concuerdan con lo reportado por (Mauricio *et al.*, 2004 y Figueroa *et al.*, 2013), quienes reportan cifras de 10, 9.2 y 5.4 mm en forma respectiva para las fracciones referidas del grano.

El pedicelo de los maíces evaluados fue de 1.3 a 1.6 %, valor inferior a lo establecido por la industria de harina nixtamalizada de maíz. Vázquez *et al.*, (2003) puntualizan al respecto, que una baja proporción de pedicelo facilita el moldeado de la masa y mejora su textura. En el pericarpio, el mayor porcentaje se registró en la variedad OAX-827 con un promedio de 5.52, siendo la única que se encontró por arriba de 5.5 %, valor establecido por la norma mexicana; 9 más se encontraron dentro del rango que indica la norma correspondiente.

Cuadro 4. Dimensiones y estructuras de grano en 18 maíces criollos mejorados.

Variedad	Dimensiones (mm)			Fracciones de grano (%)			
	Largo	Ancho	Espesor	PED	PER	GER	END
1 OAX-823	10.11 ^{ab}	8.71 ^{abc}	5.49 ^{ab}	1.3 ^a	4.48 ^{bcde}	13.34 ^{abcde}	80.88 ^a
2 OAX-826	10.55 ^{ab}	9.36 ^{ab}	5.14 ^{ab}	1.6 ^a	4.84 ^{bcd}	13.76 ^{abcde}	79.82 ^{ab}
3 OAX-827	10.84 ^{ab}	9.13 ^{ab}	5.38 ^{ab}	1.4 ^a	5.52 ^a	12.37 ^{de}	80.74 ^{ab}
4 OAX-830	9.74 ^{ab}	9.23 ^{ab}	4.82 ^{ab}	1.6 ^a	4.91 ^{abcd}	12.12 ^e	81.36 ^a
5 OAX-832	10.11 ^{ab}	9.00 ^{ab}	5.07 ^{ab}	1.3 ^a	4.92 ^{abcd}	13.88 ^{abcde}	79.91 ^{ab}

6	OAX-834	10.45 ^{ab}	8.78 ^{ab}	5.13 ^{ab}	1.4 ^a	4.87 ^{abcd}	15.12 ^a	78.64 ^b
7	OAX-838	10.26 ^{ab}	8.93 ^{ab}	5.44 ^{ab}	1.5 ^a	4.53 ^{bcde}	12.91 ^{bcde}	81.11 ^a
8	COL-29	10.51 ^{ab}	9.02 ^{ab}	4.84 ^{ab}	1.5 ^a	5.0 ^{abc}	12.87 ^{bcde}	80.67 ^{ab}
9	COL-31	9.48 ^b	8.17 ^{bc}	5.66 ^a	1.4 ^a	4.43 ^{bcde}	14.59 ^{ab}	79.63 ^{ab}
10	COL-32	10.5 ^{ab}	8.40 ^{bc}	5.06 ^{ab}	1.5 ^a	5.1 ^{ab}	13.51 ^{abcd}	79.89 ^{ab}
11	COL-34	10.37 ^{ab}	8.89 ^{ab}	4.41 ^{ab}	1.5 ^a	4.32 ^{cde}	13.9 ^{abcde}	80.23 ^{ab}
12	COL-36	9.72 ^{ab}	9.10 ^{ab}	5.20 ^{ab}	1.3 ^a	4.0 ^e	13.78 ^{abcde}	80.94 ^{ab}
13	COL-45	10.44 ^{ab}	8.53 ^{abc}	4.42 ^{ab}	1.6 ^a	4.78 ^{bcd}	14.26 ^{abcd}	79.4 ^{ab}
14	COL-51	9.76 ^{ab}	9.07 ^{ab}	4.19 ^{ab}	1.4 ^a	4.31 ^{cde}	13.18 ^{bcde}	81.08 ^a
15	COL-58	10.76 ^{ab}	8.96 ^{ab}	4.40 ^{ab}	1.5 ^a	4.01 ^e	13.51 ^{abcde}	81.0 ^a
16	COL-62	10.35 ^{ab}	10.22 ^a	4.50 ^{ab}	1.5 ^a	4.58 ^{bcde}	12.52 ^{cde}	81.45 ^a
17	COL-64	10.01 ^{ab}	9.44 ^{ab}	4.57 ^{ab}	1.6 ^a	4.06 ^e	13.6 ^{abcde}	80.79 ^{ab}
18	ZAP MOR	11.66 ^a	6.97 ^c	3.80 ^b	1.6 ^a	4.09 ^e	14.14 ^{abcd}	80.17 ^{ab}
	DMS	2.02	1.77	1.74	0.34	0.69	1.83	2.17

NMX-034(2002) HN				≤ 2	4.5-5.5	≤ 12	
MyT				≤ 2	4.5-6	≤ 13	78

PED= Pedicelo; PER= Pericarpio; GER= Germen; END= Endospermo. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

El 61% de las poblaciones evaluadas, sus granos presentaron mayor proporción de germen por arriba del porcentaje recomendado por el laboratorio de maíz, el 39 % de ellos si cumplieron con este requisito. Todos los maíces reportaron valores superiores de endospermo harinoso, por arriba de lo establecido por la norma. La industria de las harinas instantáneas de maíz nixtamalizado requiere granos con 80 % de endospermo, por lo que todos los maíces incluidos en este estudio cumplen con tal requerimiento.

Calidad de nixtamal, masa y tortilla

El contenido de humedad de la masa del maíz OAX-834 (57 %) fue superior al resto de los maíces que presentaron un comportamiento similar entre ellos con una media general de 55%. Al respecto, Arámbula *et al.*, (2000) puntualizan que una masa de maíz de buena calidad para la elaboración de tortilla, la humedad debe oscilar entre 50 y 58 %, los 18 criollos mejorados de la raza Zapalote chico en estudio se sitúan en este rango. La humedad de la tortilla osciló de 40.63 a 45.54 %, que se asemejan con los encontrados en las tortillas hechas con diversos tipos de maíz. La suavización rápida del pericarpio facilita la penetración del agua, y su eliminación durante el lavado del nixtamal. La pérdida excesiva de pericarpio puede disminuir las propiedades texturales de la masa y las tortillas debido a la eliminación de las gomas naturales (Martínez *et al.*, 2001).

Los maíces estudiados se recomiendan para la industria tradicional de la masa y la tortilla, debido a que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma NMX-034 (2002). En el Cuadro 5, se aprecia que la menor absorción de agua durante la nixtamalización se asoció con los menores valores de humedad en las tortillas. La capacidad de absorción de agua está relacionada con la dureza del endospermo, pues cuando es duro, los gránulos de almidón se agrupan en una red proteica que restringe la absorción de agua (Salinas *et al.*, 1992). La pérdida de sólidos en nejayote,

oscilo entre 2.40 a 3.90 %. Salinas *et al*, (2007) señalan que un mayor tiempo de cocción favorece la desintegración del pericarpio y con ello su liberación durante el enjuague del nixtamal.

En el rendimiento de tortilla en los 18 criollos mejorados de la raza Zapalote chico, hubo una variación de 1.23 a 1.46 kg, cifra inferior a lo reportado por Figueroa *et al*, (2013) y Gaytán *et al*, (2013). Los maíces con alta capacidad de absorción de agua muestran un alto rendimiento de masa, sin embargo, para obtener un alto rendimiento de tortilla se requiere que el agua absorbida sea retenida durante la cocción (Mauricio *et al.*, 2004).

Cuadro 5. Propiedades de nixtamal, masa y de tortillas de 18 criollos mejorados de la raza Zapalote chico.

Variedad	Humedad (%)			Sólidos %	REN [†] (kg)	Color (L)*	
	Nixtamal	Masa	Tortilla			Masa	Tortilla
1 OAX-823	45.23 ^{ab}	56.16 ^{bcd}	43.55 ^{abcde}	3.00 ^{efg}	1.36	80.41 ^e	77.76 ^{fg}
2 OAX-826	42.73 ^{ab}	56.44 ^{bc}	41.11 ^{de}	2.55 ^{hi}	1.3	82.43 ^{abc}	78.85 ^{cdefg}
3 OAX-827	43.35 ^{ab}	56.31 ^{bcd}	40.58 ^e	3.20 ^{cde}	1.28	81.1 ^{ed}	78.91 ^{cdefg}
4 OAX-830	45.09 ^{ab}	56.19 ^{bcd}	42.80 ^{bcd}	3.25 ^{cde}	1.34	84.42 ^{bcd}	79.46 ^{bcd}
5 OAX-832	42.78 ^{ab}	56.20 ^{bcd}	44.48 ^{abc}	3.60 ^b	1.41	83.2 ^{ab}	80.01 ^{abcde}
6 OAX-834	45.34 ^{ab}	57.36 ^a	45.54 ^a	3.05 ^{def}	1.45	83.17 ^{ab}	80.02 ^{abcde}
7 OAX-838	41.31 ^b	54.53 ⁱ	42.98 ^{bcd}	2.75 ^{gh}	1.33	82.85 ^{abc}	78.88 ^{cdefg}
8 COL-29	45.58 ^{ab}	55.89 ^{cdef}	45.25 ^{ab}	2.55 ^{hi}	1.28	82.12 ^{bcd}	77.05 ^g
9 COL-31	46.64 ^a	56.03 ^{cde}	44.70 ^{abc}	2.55 ^{hi}	1.41	82.29 ^{bcd}	77.31 ^{fg}
10 COL-32	45.59 ^{ab}	54.63 ⁱ	43.73 ^{abcde}	2.85 ^{fg}	1.32	82.25 ^{bcd}	78.93 ^{cdefg}
11 COL-34	44.51 ^{ab}	55.48 ^{efg}	44.13 ^{abcd}	2.40 ⁱ	1.46	81.22 ^{cde}	78.15 ^{efg}
12 COL-36	45.21 ^{ab}	56.34 ^{bcd}	45.53 ^a	2.10 ^j	1.41	82.28 ^{bcd}	78.38 ^{defg}
13 COL-45	46.08 ^a	54.84 ^{ghi}	43.09 ^{bcd}	3.30 ^{cd}	1.31	82.87 ^{abc}	80.54 ^{abcd}
14 COL-51	45.85 ^{ab}	55.76 ^{def}	41.59 ^{cde}	3.40 ^{bc}	1.23	83.59 ^{ab}	80.99 ^{abc}
15 COL-58	44.99 ^{ab}	54.69 ^{hi}	41.91 ^{cde}	3.20 ^{cde}	1.24	83.81 ^{ab}	81.62 ^{ab}
16 COL-62	45.85 ^{ab}	55.28 ^{fgh}	40.63 ^e	3.90 ^a	1.24	84.27 ^a	81.74 ^a
17 COL-64	45.98 ^{ab}	55.32 ^{fgh}	42.17 ^{bcde}	3.30 ^{cd}	1.29	83.52 ^{ab}	78.56 ^{defg}
18 ZAP MOR	46.8 ^a	56.80 ^{ab}	43.1 ^{bcd}	3.15 ^{cde}	1.3	83.24 ^{ab}	78.95 ^{cdefg}
DMS	4.67	0.65	3.17	0.27		1.69	2.17
NMX-034(2002)HN	36-42			< 5.0		> 70	> 70
M-T	42-45		≥43	≤ 5.0	≥1.5		

Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey. 0.05); [†] kg de tortilla/kg de maíz nixtamalizado; * medido como porcentaje de reflectancia

El color de la tortilla fue diferente entre las variedades, lo cual se debió a diferencias iniciales en el color del grano. La tortilla elaborada con la COL-62 presentó el mayor L (81.74 %), siendo

la más cercana al color blanco. Las elaboradas con maíz de la COL-29, cuyo L fue de 71.05 % el más alejado del blanco. Todas las variedades evaluadas tuvieron una reflectancia superior a 70%, las tortillas elaboradas con ellas fueron más blancas (81.1 a 84.42 %). Esto obedece a que el color de la tortilla no solo está determinado por el color del grano, sino por factores relacionados con el proceso de nixtamalización, composición química del grano (Salinas *et al.*, 2007) y factores ambientales como la fertilización nitrogenada (Zepeda *et al.*, 2007).

Propiedades de tortilla

Los valores de dureza y extensibilidad de las tortillas producidas con los maíces criollos mejorados de la raza Zapalote chico se presentan en la Figura 1. La fuerza de tensión de las tortillas de los maíces, presentó un rango de 142.67 a 273.33 g. para la fuerza extensiva, en donde se ubicaron las variedades COL-32 y ZAP-MOR respectivamente. La distancia de extensibilidad fue similar ($P \leq 0.05$) para todas las variedades, no obstante, se presentó una variación numérica de 5.65 a 12.24 mm. Investigaciones realizadas por Vázquez *et al.* (2014) en genotipos de maíz con diferente contenido de aceite y diferentes tiempo de almacenamiento de tortilla, mostraron valores de fuerza de ruptura en un rango de 300 a 720 g y distancia de ruptura de 2.5 a 8.4 mm. En el presente estudio, las tortillas tuvieron menores fuerzas y mayor distancia de ruptura indicando que son suaves y se extienden un poco más para romperse. Al respecto, Mauricio *et al.* (2004) apuntan, los maíces que poseen características para tortilla deben tener valores altos de peso de granos, ancho de grano y rendimiento de tortilla, así como baja resistencia al corte de tortilla.

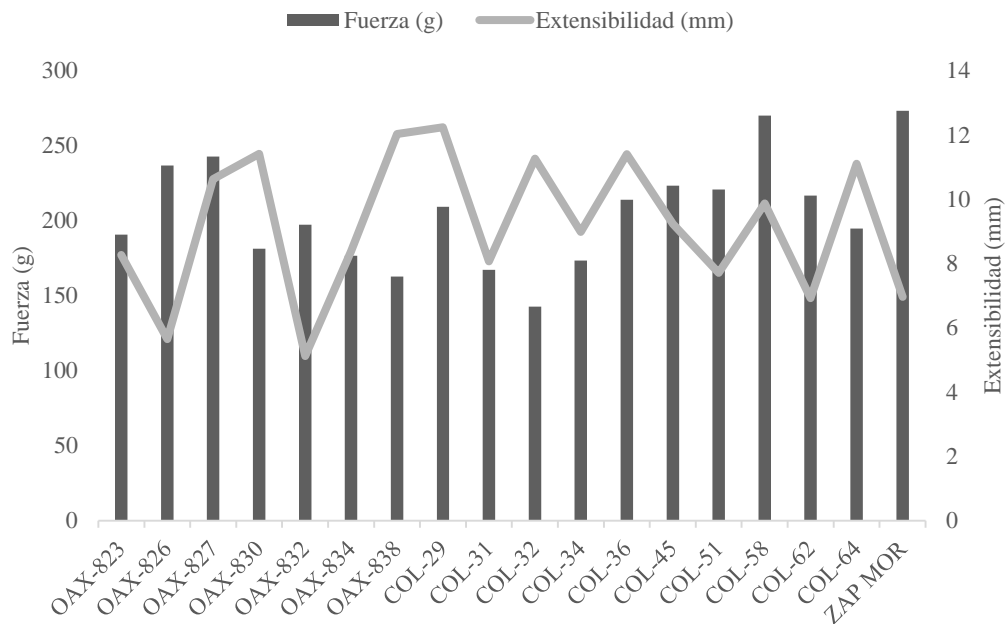


Figura 1. Fuerza máxima de rompimiento bajo tensión y su extensibilidad de tortillas.

La fuerza a la tensión y resistencia al corte son propiedades de textura de las tortillas con que se evalúan la adhesividad y el grado de dureza del producto, la tortilla cuando más suave y blanda

sea, requiere menos esfuerzo para su masticación y el producto será de mejor calidad (Antuna *et al.*, 2008).

Propiedades de totopo

El totopo es el producto principal con el que se identifica el maíz de la raza Zapalote chico. Las variables evaluadas en los totopos de los maíces de los 18 criollos mejorados se presentan en el Cuadro 6. El análisis de varianza se realizó para cuatro de las variables. REN y PET no presentaron repeticiones. La producción de totopos osciló de 11 a 14 unidades, con un promedio de 12 a partir de un kg de grano de maíz, en el testigo reportó 10 unidades. El PET totopos fue superior en la variedad COL-64 con un valor de 643.3 g y OAX-830 fue el de menor peso (510.68 g). Sin embargo, para la comercialización de este producto, el peso no es un factor determinante, debido a su fabricación artesanal, en donde predomina la ausencia de uniformidad para la producción de este bien alimenticio, siendo relevante otros factores como el tamaño, textura crujiente, sabor, olor, etc.

Diferencia estadísticas se presentó en peso unitario, PUN, humedad, HUM, y color del totopo, CTO. El diámetro de totopo fue similar para todos los genotipos, esto obedece a que los productos fueron hechos por una sola persona de gran experiencia en la elaboración. Este razonamiento, no es aplicable para el PUN y HUM, en donde se presentaron diferencias ($p \leq 0.05$). Un rango de 53.89 a 61.7 g fue para PUN y para HUM fue 6.28 a 9.45 %. Debido a lo crujiente que debe ser el totopo, con relación a la humedad de la tortilla, esta se reduce en forma general en un 36 %. Estudios realizados por León (1994) encontró valores promedios de 21.6 cm en diámetro, 65.5 g en peso unitario y 5 a 6 % de humedad; datos que no concuerda con lo reportado en este estudio.

Cuadro 6. Características de totopos de los granos de maíz en 18 criollos mejorados de la raza Zapalote chico.

Variedad	REN [†]	PET [§] g	PUN g	DIA cm	HUM %	CTO [†] L (%)
1 OAX-823	13	576.76	55.24 ^{bc}	22.93 ^a	9.45 ^a	79.09 ^{abc}
2 OAX-826	11	578.44	58.2 ^{abc}	23.27 ^a	7.42 ^b	79.09 ^{abc}
3 OAX-827	12	602.98	59.67 ^{abc}	23.4 ^a	7.45 ^b	79.56 ^{abc}
4 OAX-830	13	510.68	55.68 ^{bc}	23.27 ^a	7.47 ^b	79.32 ^{abc}
5 OAX-832	13	566.13	56.73 ^{abc}	23.17 ^a	7.55 ^{ab}	79.55 ^{abc}
6 OAX-834	13	596.93	57.76 ^{abc}	23.23 ^a	7.86 ^{ab}	78.0 ^{abc}
7 OAX-838	13	613.5	60.22 ^{ab}	23.53 ^a	7.92 ^{ab}	77.9 ^{bc}
8 COL-29	13	598.59	59.2 ^{abc}	23.9 ^a	8.05 ^{ab}	78.41 ^{abc}
9 COL-31	14	550.1	53.89 ^c	24.07 ^a	7.76 ^{ab}	77.43 ^c
10 COL-32	12	615.5	60.79 ^{abc}	23.9 ^a	6.28 ^b	78.88 ^{abc}
11 COL-34	12	612.0	59.13 ^{abc}	23.57 ^a	7.62 ^{ab}	79.54 ^{abc}
12 COL-36	11	597.16	56.3 ^{abc}	23.67 ^a	7.02 ^b	79.55 ^{abc}
13 COL-45	12	617.5	60.81 ^{ab}	23.53 ^a	6.63 ^b	77.94 ^{abc}
14 COL-51	13	605.7	58.06 ^{abc}	23.8 ^a	6.52 ^b	78.46 ^{abc}
15 COL-58	13	600.0	57.14 ^{abc}	23.0 ^a	7.1 ^b	80.19 ^{ab}
16 COL-62	13	578.5	55.73 ^{bc}	23.0 ^a	6.69 ^b	80.22 ^a

17	COL-64	12	643.3	61.77 ^a	25.23 ^a	6.49 ^b	79.23 ^{abc}
18	ZAP MOR	11	627.2	60.4 ^{ab}	23.73 ^a	7.57 ^{ab}	77.91 ^{abc}
	Testigo	10				7.99	77.96
	DMS			6.02	2.65	1.92	2.31

REN[†] = número de totopos/kg de grano; PET[§]= peso total, medido en 10 unidades; PUN= peso unitario; DIA= diámetro; HUM= humedad; CTO[‡]= color de totopo, medido como porcentaje de reflectancia. Medias con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Los totopos presentaron diferencia en los valores de reflectancia, los cuales fueron superiores a 77 %. Resultado del cocimiento que es objeto la masa de maíz en el “comezal” (olla de barro sin tapa ni fondo), para la fabricación del totopo, así como la duración del proceso (8 a 12 minutos) y la adherencia al comezal, el porcentaje de reflectancia de la masa es disminuida, por lo que los totopos tienden a ser menos blancos.

Estudio de la diversidad en las características físicas

La caracterización física de grano, nixtamal, masa, tortilla y totopos de los 18 criollos mejorados, se analizaron en conjunto mediante el análisis de componentes principales, el cual tiene la función de reducir la dimensionalidad de datos e interpretar con un reducido de variables la variación total acumulado (Johnson y Wichern, 1992).

Cuadro 7. Análisis de componentes principales entre variables en 18 criollos mejorados de maíz de la raza Zapalote chico.

Componentes	Valores propios	Proporción	Varianza acumulada
1	6.98178921	0.2493	0.2493
2	5.19467459	0.1855	0.4349
3	3.05919322	0.1093	0.5441
4	2.78675897	0.0995	0.6437

Los cuatros primeros componentes explican 64.37 % de la variación (Cuadro 7). En estos componentes, las características más sobresalientes están relacionadas con índice de flotación, peso electrolítico, espesor y color de grano, proporción del pedicelo, peso y diámetro de totopos, humedad de granos y en masa su humedad y color.

La Figura 2 precisa la dispersión de tres grupos de maíces comprendido por los primeros componentes principales, relacionando lo más cercano los valores altitudinales a que distingue cada una de las poblaciones evaluadas (Cuadro 1). Con esta agrupación, se promedió en forma respectiva, el desempeño que registraron en las variables en cuestión. El grupo I (maíces de baja altura), integrado por el 17 % de las variedades presentaron valores altos en: índice de flotación, espesor de grano, color de grano, proporción de embrión, humedad de nixtamal, rendimiento de tortilla y totopo. Los granos de estos materiales fueron de menores en peso, longitud, proporción de pedicelo, pericarpio y endospermo; sus tortillas se distinguieron en ser más suaves al rompimiento, sus totopos de menos peso.

Los maíces de altura intermedia (28 %), integraron el grupo II. Estas poblaciones tuvieron características superiores en: humedad de grano, peso hectolítrico, longitud y ancho de granos, proporción en pedicelo y endospermo; sus totopos fueron más pesados y más blancos.

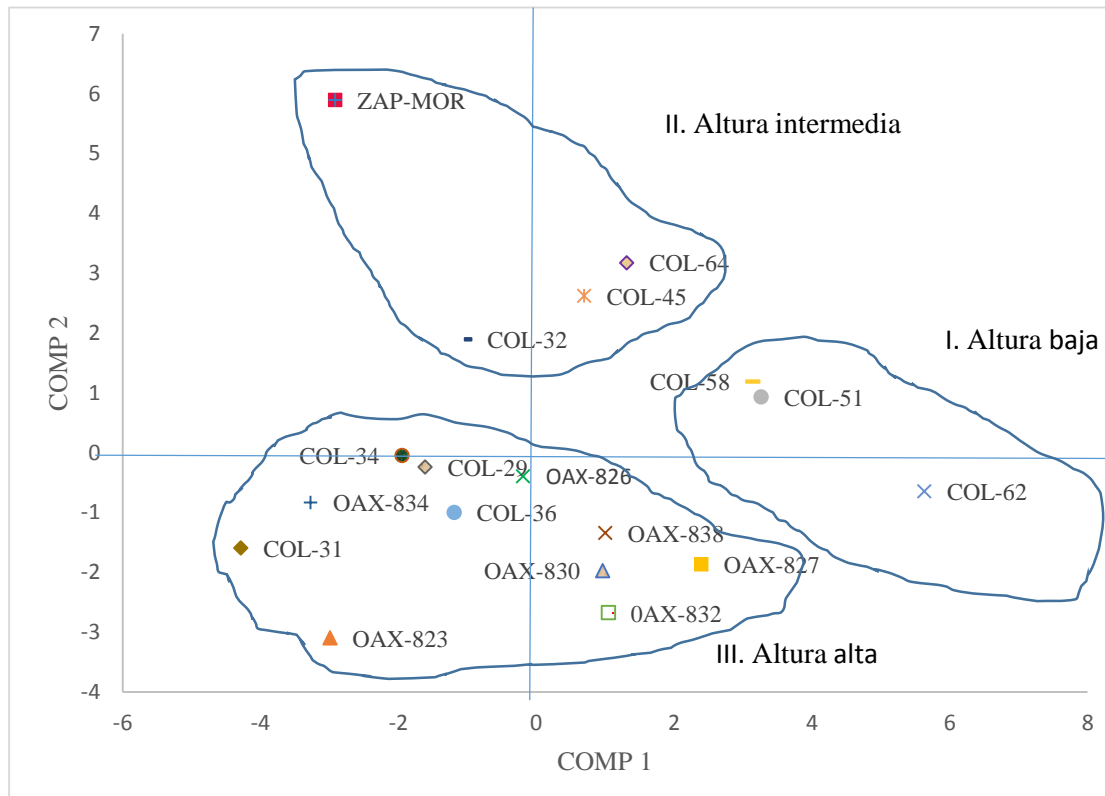


Figura 2. Distribución de grupos de maíces de la raza Zapalote Chico con base en los dos primeros componentes principales.

El grupo III identificado como de altura mayor, formado por el 55.5 % de los maíces, sus granos sobresalieron en: peso y espesor; proporción de endospermo, porcentaje de sólidos; la masa y tortilla fueron más blancas, no así en totopos, valores altos de humedad de nixtamal, tortilla y totopos. Rendimiento menor de tortillas y estas presentaron mayor distancia de extensibilidad en el rompimiento.

CONCLUSIONES

Los resultados confirman la variabilidad en las características de calidad de grano. La mayoría de los maíces evaluados presentan características de calidad adecuadas para la industria tradicional de la masa tortilla y totopo. No obstante que los granos de esta raza de maíz son de menor peso y por lo consiguiente también su rendimiento de tortilla, poseen muchos atributos que se pueden aprovechar, tales como el color, la suavidad de sus tortillas y la producción artesanal de totopos. Las características estudiadas se relacionan con el uso alimenticio al cual se emplean los granos de esta raza de maíz y pueden ser utilizados para definir el potencial industrial.

LITERATURA CITADA

- Antuna-Grijalva O., S.A. Rodríguez-Herrera, G. Arámbula-Villa, A. Palomo-Gil, E. Gutiérrez-Arias, A. Espinoza-Banda, E.F. Navarro-Orona y E. Andrio-Enríquez. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 31(3):23-27.
- Arámbula-Villa G., J.M. Yáñez-Limón, Y. Vorobiev-Vasilievich y J. González-Hernández. 2000. Coeficiente efectivo de difusión de agua en masas de maíz nixtamalizado por extrusión. *Agrociencia* 34:717-727.
- Arámbula-Villa G., J. González-Hernández and C. A. Ordorica-Falomir. 2001. Physico chemical structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *J. Cereal Sci.* 33:245-252.
- Aragón-Cuevas F., S. Taba, J. M. Hernández-Casillas y J.D. Figueroa-Cárdenas. 2006. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F.
- Aragón-Cuevas F., J.D. Figueroa-Cárdenas, M. Flores Z, M. Gaytán-Martínez y J.J. Véles-Medina. 2012. Calidad Industrial de Maíces Nativos de la Sierra Sur de Oaxaca. Libro Técnico No. 15. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Santo Domingo Barrio Bajo, ETLA, Oaxaca, México. 249 p.
- Cárdenas-Marcelo A.L., I. Vizcarra-Bordi, A. Espinoza-Ortega y A. Espinosa-Calderón. 2019. Tortillas artesanales mazahuas y biodiversidad del maíz nativo. Reflexiones desde el ecofeminismo de la subsistencia. *Revista Sociedad y Ambiente*, año 7, núm. 19. pp. 265-291.
- Cázares-Sánchez E., J.L. Chávez-Servia, Y. Salinas-Moreno, F. Castillo-González y P. Ramírez-Vallejo. 2015. Variación en la composición del grano entre poblaciones de Maíz (*Zea mays* L.) Nativas de Yucatán, México *Agrociencia* 49: 15-30
- Fernández-Suarez. R., L.A. Morales-Chávez y A. Gálvez-Mariscal. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Rev. Fitotec. Mex.* 36:275-283.
- Figueroa-Cárdenas J.D., M.G. Acero-Godínez., N.L. Vasco-Méndez, A. Lozano-Guzmán, L.M. Flores-Acosta y J. González-Hernández. 2001. Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. *Rev. Arch. Latinoam. Nutrición* 51: 329-302.
- Figueroa-Cárdenas J.D., D.E. Narváez-González, A. Mauricio-Sánchez, S. Taba, M. Gaytán-Martínez, J.J. Véles-Medina, F. Rincón-Sánchez y F. Aragón-Cuevas. 2013. Propiedades físicas del grano y calidad de los grupos raciales de maíces nativos (criollos) de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 36: 305–314.
- Gasca-Mancera J.C y N. B. Casas-Alencaster. 2007. Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Rev. Mex. Ing. Quím.* 6: 317-328.
- Gaytán-Martínez M., J.D. Figueroa-Cárdenas, M.L. Reyes-Vega, E. Morales-Sánchez y F. Rincón-Sánchez. 2013. Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 36: 339 –346.
- Johnson R A, and D W Wichern. 1992. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Third edition. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 642 p.
- León T. J. E. 1994. Caracterización física, nutricional, sensorial y regional del totopo de la sociedad de solidaridad social “Tona Taati” del Istmo de Tehuantepec, Oax. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 88p

- Martínez-Bustos F., H.E. Martínez-Flores, E. Sanmartín-Martínez, F. Sánchez-Sinencio, Y. K. Chang, D. Barrera-Arellano and E. Ríos. 2001. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. *J. Sci. Food Agric.* 81: 1455-1462.
- Mauricio-Sánchez R. A., J. D. Figueroa-Cárdenas, S. Taba, M. I. Reyes-Vega, F. Rincón-Sánchez y A. Mendoza-Galván. 2004. Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:213-222.
- McGuire, G. 1992. Reporting objective color measurements. *Hort. Sci.* (27):1254-1255.
- Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, NMX-FF-034-2002-SCFI-PARTE-1. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y métodos de prueba. Especificaciones y Métodos de Prueba. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Dirección General de Normas. México, D. F. 18 p.
- Salinas M. Y., y J. L. Arellano V. 1989. Calidad nixtamalera y tortillera de híbridos de maíz con diferente tipo de endospermo. *Rev. Fitotec. Méx.* 12: 129-135.
- Salinas M. Y., J. L. Arellano V., y F. Martínez B. 1992. Propiedades físicas, químicas y correlaciones de maíces híbridos precoces para Valles Altos. *Rev. Arch. Lat. Nutrición* 42: 161-167.
- Salinas-Moreno Y. y M.G. Vázquez-Carrillo. 2006. Metodologías de análisis de calidad nixtamalera-tortillera en maíz. INIFAP. Campo Experimental Valle de México, Chapingo, México. Folleto Técnico No. 24. 91 p
- Salinas-Moreno Y., J.J. López-Reynoso, G.B. González-Flores y G. Vázquez-Carrillo. 2007. Compuestos fenólicos del grano de maíz y su relación con el oscurecimiento de masa y tortilla. *Rev. Agrociencia* 41: 295-305.
- Salinas-Moreno Y., N. O. Gómez-Montiel, J. E. Cervantes-Martínez, M. Sierra-Macías, A. Palafox-Caballero, E. Betanzos-Mendoza y B. Coutiño-Estrada. 2010. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Rev. Mex. Ciencias Agríc.* 1: 509-523
- Salinas-Moreno Y., y L. Aguilar-Méndez. 2010. Efecto de la dureza del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre el rendimiento y calidad de la tortilla. *Ing. Agríc. Biosist.* 2:5-11.
- Serna-Saldivar. S. O. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Departamento tecnología de alimentos. ITESM-Campus Monterrey. AGT Editor S. A. México, D. F. 521 p.
- Serna-Saldivar. S.O., J. A. Gutiérrez-Uribe, S. Mora-Rochin y S. García-Lara. 2013. Potencial nutraceutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 36: 295-304.
- SE-DGIB (Secretaría de Economía-Dirección General de Industrias Básicas). 2012. Análisis de la cadena de valor maíz-tortilla: situación actual y factores de competencia local. Secretaría de Economía-Dirección General de Industrias Básicas. http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/20120411_analisis_cadena_valor_maiz-tortilla.pdf. (Consulta: julio, 2014).
- Turrent-Fernández A., J. I. Cortés-Flores, A. Espinosa-Calderón, H. Mejía-Andrade, J. A. Serratos-Hernández 2010 ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 1:631-646.

- Vázquez-Carrillo M. G., L Guzmán-Báez, J. L. Andrés-García, F. Márquez-Sánchez y J. Castillo-Merino. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:231-238.
- Vázquez-Carrillo G, S. García-Lara, Y. Salinas-Moreno, J. Bergvinson-D. and N. Palacios-Rojas. 2011. Grain and tortilla quality in landraces and improved maize grown in the highlands of Mexico. *Plant Foods for Human Nutr.* 66: 203-208.
- Zepeda-Bautista R., A. Carballo-Carballo, A. Muñoz-Orozco, J. A. Mejía-Contreras, B. Figueroa-Sandoval y F. V. González-Cossio. 2007. Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad del nixtamal-tortilla del grano de híbridos de maíz. *Agric. Téc. Méx.* 33:17-24.
- Zepeda-Bautista R., A. Carballo- Carballo y C. Hernández-Aguilar. 2009. Interacción genotipo-ambiente en la estructura y calidad del nixtamal-tortilla del grano en híbridos de maíz. *Rev. Agrociencia* 43:695-706.