

Efecto de la prolificidad y sistema de producción sobre las características físicas de semilla y de grano de familias derivadas de la variedad Jaguán

Effect of prolificacy and production system on physical characteristics of seed and grain in families derived from the Jaguán variety

Héctor H. Velázquez-Reyes^{1*}, Norma A. Ruiz-Torres², Froylán Rincón-Sánchez³,
Juan M. Martínez-Reyna³

¹Maestría en Tecnología de Granos y Semillas, ²Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ³Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. Correo-e: hvelrey@gmail.com [*Autor responsable].

RESUMEN

En el noreste de México, los maíces criollos se usan como semilla y como grano, por lo que es importante estudiar sus propiedades y atributos. En el presente trabajo se utilizó semilla de plantas prolíficas de un lote de producción de semillas de plantas macho con mazorcas 1 y 2, y plantas hembra con mazorcas 1 y 2, lo cual generó un arreglo factorial 2x2. En el análisis de varianza para atributos físicos de la semilla se encontró que existen diferencias significativas en las variables largo de semilla y peso de mil semillas; la semilla que provino de la primera mazorca tuvo mayor largo (11.62 mm) y peso de mil semillas (283.52 g), que la que se obtuvo de la segunda mazorca. De acuerdo al índice de flotación, la dureza de endospermo se clasificó de muy duro a suave, con tiempos de cocción de 45 y 30 minutos, respectivamente; predominaron los granos muy duros. La prolificidad tuvo efecto sobre las características físicas de la semilla. Sin embargo, la prolificidad y el sistema de producción no influyeron de manera significativa en la dureza del endospermo.

Palabras clave: grano, semilla, dureza, prolificidad, medios hermanos.

ABSTRACT

In the northeast of Mexico, the maize landraces are used as seed and as grain, and this is why it is important to study their properties and attributes. Seeds from prolific plants from a production lot of male plants with ears 1 and 2 and female with ears 1 and 2 plants, were used, which generates a 2x2 factorial arrangement (PROD and MAZ, respectively). According with the analysis of variance for seed physical attributes, significant differences were found for seed length and a thousand seed weight; the seeds that came from the first ear were longer (11.62 mm) and with more weight (283.52 g), than the obtained from the second ear. According to the flotation index, endosperm hardness was classified from very hard to soft, with cooking times of 45 and 30 minutes, respectively; predominating the very hard grains. Prolificacy has effect on the physical characteristics of the seed. However, prolificacy and production system did not influence significantly in endosperm hardness.

Key words: grain, seed, hardness, prolificacy, half sibs.

INTRODUCCIÓN

En México, el maíz es el cultivo más importante debido a que es la base de la alimentación, y a que lo consumen todas las clases socioeconómicas. El área cultivada, el volumen, el valor de producción y su preferencia en la alimentación humana y pecuaria, así lo justifican. Al respecto, Carballo y Hernández (2013) comentan que el 56% de la producción nacional se obtiene en la modalidad de temporal, del cual el 94% corresponde a producción del ciclo primavera-verano, y que en más del 75% de la superficie se utiliza semilla de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores, poseen características que les permiten responder a sus gustos alimenticios y preferencias.

En el maíz, uno de los caracteres de estudio de gran importancia es la prolificidad o número de mazorcas por planta, ya que con ella se pueden obtener mayores rendimientos del cultivo, además que los agricultores tienen preferencia por materiales con esta característica. La selección por este carácter, el desespigamiento de plantas y la aplicación de fertilizantes pueden incrementar el rendimiento y la calidad del grano y la semilla.

El desespigamiento es una práctica que se realiza en diversas regiones del país, principalmente en las zonas de temporal. Algunos autores consideran que al realizar esta práctica se mantiene la pureza genética de semillas y se incrementan los rendimientos de grano (Espinosa *et al.*, 2010).

Los agricultores que se dedican a la producción de maíz en algunas regiones de temporal del noreste de México, al recoger su cosecha la utilizan como semilla y como grano, tanto para consumo animal como humano.

Estudios realizados en semillas de maíz, encuentran que el tamaño de las semillas tiene un efecto positivo sobre el crecimiento inicial de las plantas y, por consiguiente, permite un mejor resultado en la germinación, el vigor, el peso seco y la emergencia de plántulas (Villaseñor, 1984). Así mismo, el peso de mil semillas expresado en gramos, normalmente depende del tamaño y la densidad de la semilla. Un peso elevado por lo general está relacionado con un tamaño grande. A mayor peso, mayor porcentaje de endospermo (Moreno, 1984).

Por otra parte, la calidad del grano de maíz está asociada tanto con su constitución física, que determina la textura y dureza, como con su compo-

sición química, que define el valor nutricional y el uso industrial (Cirilo *et al.*, 2008). Las propiedades físicas del grano de maíz están relacionadas con su rendimiento, la calidad de sus productos y de sus derivados, por lo que estas propiedades confieren características específicas para cada variedad, que son determinadas por factores genéticos, condiciones de producción y de manejo en poscosecha; también determinan el uso más adecuado dentro de la industria o la vida diaria ya que, por ejemplo, la dureza del endospermo determina los tiempos de nixtamalización del grano (Vázquez *et al.*, 2003).

El índice de flotación es una medida indirecta de la dureza del grano, por lo que, mediante intervalos en sus valores, se puede estimar la dureza. Del mismo modo, el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización está directamente correlacionado con el índice de dureza del grano de maíz (NMX-FF-034/1-SCFI-2002).

El objetivo de este trabajo fue determinar, en familias derivadas de la variedad Jaguán, si la prolificidad o el tipo de sistema de producción tienen efecto sobre las características físicas de la semilla y dureza del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios para medir las características físicas de semilla y de grano se llevaron a cabo en el laboratorio de Fisiología y Bioquímica, del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila.

Material genético

Se utilizó semilla de maíz de la variedad Jaguán (Rincón-Sánchez *et al.*, 2014), procedente de un lote de producción de semilla de la cosecha 2012 del ejido El Mezquite, Galeana, Nuevo León, que se ubica a los 24° 49' latitud N y 100° 05' longitud O, a una altitud de 1890 msnm. La semilla se obtuvo de un lote de producción de semillas, donde se identificaron plantas prolíficas al azar (con dos mazorcas bien desarrolladas) que representan a familias de medios hermanos (FMH). Las familias fueron identificadas en surcos hembra (desespigados) y en surcos macho (sin desespigamiento); al momento de la cosecha se seleccionaron 10 FMH de surcos macho y 10 de surcos hembra. De esta manera, se compararon dos métodos de producción (PROD) definidos por las 10 FMH de

surcos hembra y 10 surcos macho, y dos variantes de mazorcas de plantas prolíficas (MAZ) correspondientes a la primera y segunda mazorca, respectivamente.

Caracterización

En el estudio de caracterización se tomaron dos repeticiones de 10 semillas de cada familia, y con la ayuda de una regla se midieron las siguientes variables: largo, ancho y espesor de la semilla, y sus valores se reportaron en milímetros (mm).

Para estimar el peso de mil semillas (PMS), el cual se reportó en gramos (g), se usaron dos repeticiones de 50 semillas de cada material, que se pesaron en una balanza de precisión; para estimar el volumen de la semilla, el cual se reportó en cm^3 , se usaron dos repeticiones de 50 semillas, que se sumergieron cuidadosamente en una probeta que contenía un volumen inicial de agua (V_o), para posteriormente leer su volumen final (V_f), el cual correspondió a la diferencia.

Dureza del grano

Para determinar la dureza del grano se midió el índice de flotación con una solución de nitrato de sodio (300 ml), a una densidad de 1.250 g ml^{-1} (+/- 0.001), la cual se midió con un picnómetro. Se tomaron 100 granos limpios (libres de impurezas) que se vertieron en una solución previamente preparada, en la que se movieron durante un minuto con un agitador de vidrio, para posteriormente dejarla reposar y luego realizar el conteo de los granos flotantes. El número de granos que ascendieron a la superficie se usó como el índice de flotación. La densidad de la solución fue revisada cada dos repeticiones. La dureza

del grano y el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización están directamente correlacionados con los siguientes datos:

Diseño experimental

Para analizar la información que se obtuvo del presente trabajo, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 , en el que se consideró como factor P al sistema de producción (macho y hembra), y como factor M la posición de la mazorca en la planta (primera y segunda mazorca). Para la prueba de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza para atributos físicos de la semilla (Cuadro 2), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para las variables largo de semilla y $P \leq 0.05$ para PMS, en la fuente de variación número de mazorca (MAZ). Estos estudios coinciden con lo señalado por Espinosa *et al.* (2004), quienes al evaluar poblaciones prolíficas de maíz en dos densidades de siembra, reportaron diferencias en el peso de cien granos. En general, el Cuadro 2 indica que la posición de la mazorca (primera o segunda) influye de manera significativa, lo cual tiene sentido, ya que los periodos de llenado de grano varían, y hay mayor posibilidad de desarrollar semillas más pesadas y largas en la primera mazorca.

La comparación de medias para atributos físicos (Cuadro 3) indica que la semilla proveniente de la primera mazorca tiene mayor largo (11.62 mm) y peso de mil semillas (283.52 g), que la que proviene de la segunda mazorca. Lo anterior es importante, ya que permite determinar que la primera mazorca es el principal receptáculo de fotoasimilados (compuestos sintetizados por las plantas a partir de CO_2 y de energía solar). Estos compuestos se sintetizan principalmente en las hojas, y se transportan a través del floema hasta la mazorca en desarrollo. Jiménez *et al.* (2012) estudiaron nueve genotipos de maíces mejorados, premejorados y criollos del trópico mexicano, y encontraron que para la variable largo de grano, el valor medio de los materiales mejorados fue de 10.96 mm, el de los premejorados de 10.63 mm y el de los criollos de 10.22 mm.

Para la variable peso de mil granos encontraron una media de 317.57 g para los materiales premejorados, de 302.20 g para los materiales mejorados y de

Cuadro 1. Índice de dureza para grano de maíz y tiempos de cocción.

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (minutos)
0-12	Muy duros	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedios	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy suaves	25

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para atributos físicos en semilla de plantas prolíficas en dos sistemas de producción.

FV	G.L	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PMS (g)	VOL (cm ³)
PROD	1	0.008 NS	1.10 NS	0.012 NS	324.8 NS	5.51 NS
MAZ	1	7.200 xx	1.06 NS	0.018 NS	14023.8 x	9.11 NS
PRODxMAZ	1	1.568 NS	0.04 NS	0.098 NS	2311.3 NS	3.61 NS
Error	76	0.791	0.33	0.103	2256.2	3.84
Total	79	9.567	2.53	0.231	18916.0	22.07
C.V%		7.864	7.83	7.495	17.6	18.00

FV=Fuente de Variación; x, xx= Niveles de significancia al 0.05 y 0.01 respectivamente; NS=No significativo; G.L = Grados de libertad; PMS= Peso de mil semillas; VOL=Volumen de la semilla; PROD= Método de producción; MAZ=Mazorcas.

Cuadro 3. Comparación de medias para atributos físicos en semilla de familias de plantas prolíficas en diferentes sistemas de producción..

FV	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	PMS (g)	VOL (cm ³)
MÉTODO DE PRODUCCIÓN					
H	11.33	7.25	4.28	268.27	10.63
M	11.31	7.49	4.31	272.30	11.15
Media	11.32	7.37	4.29	270.28	10.89
Tukey	0.40	0.26	0.14	21.15	0.87
MAZORCAS					
M1	11.62 a	7.49	4.31	283.52 a	11.23
M2	11.02 b	7.26	4.28	257.04 b	10.55
Media	11.32	7.37	4.29	270.28	10.89
Tukey	.40	0.26	0.14	21.15	0.87

FV=Fuente de variación; VOL=Volumen de la semilla; PMS= Peso de mil semillas. H= Sistema de producción hembra; M=Sistema de producción macho; M1= Primera mazorca; M2= Segunda mazorca. Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales [Tukey α 0.05 %].

312.39 g para los materiales criollos. En un estudio similar, Ávila *et al.* (2006) evaluaron maíces criollos y mejorados, y encontraron que el peso de mil semillas de maíces mejorados fue mayor (186.5 g a 220.3 g), comparado con el peso de mil semillas de maíces criollos (163 g a 201.7 g).

De acuerdo al índice de flotación, la dureza de endospermo se clasificó de muy duro a suave, con tiempos de cocción de 45 a 30 minutos, respectivamente. En los genotipos evaluados predominaron los granos muy duros, con tiempos de cocción de 45 minutos. Los granos suaves se presentaron únicamente en la semilla que provino de plantas macho y de la primera mazorca (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Ochoa *et al.* (2009), quienes evaluaron 10 variedades de maíz, y encontraron que entre variedades no hubo diferencias significativas en cuanto a dureza de los granos, además de que todas las variedades presentaron maíz duro.

Así mismo, Vázquez *et al.* (2003) en un estudio sobre la calidad del grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas, encontraron que en los maíces criollos predominaron los maíces de grano suave (55%) e intermedio (40%), mientras que en las retrocruzas las proporciones fueron de 45% con textura suave y 50% con textura intermedia. En los granos de maíz, el endospermo representa entre 83 y 85% del peso total del grano, y la dureza del grano depende particularmente de esta estructura. La dureza o suavidad está relacionada con las áreas cristalina y harinosa en el endos-

permo: a mayor porcentaje de endospermo harinoso se tendrán granos más suaves, en tanto que a poco endospermo harinoso los granos serán más duros.

Mediante el índice de flotación se puede conocer también la microestructura de los granos, es decir, su grado de compactación, tipo de almidón, grosor del pericarpio, etc. Los granos con alto grado de compactación tienen gránulos de almidón pequeño en forma definida (hexagonal), por lo que son aptos para la elaboración de palomitas. Los granos con bajo grado de compactación y pericarpio delgado poseen gránulos de almidón grandes, en forma esférica y son aptos para elaborar botanas, harinas, tortillas, pozoles y atoles (Narváez *et al.*, 2007). Con base a los resultados, se tiene que la mayor parte de los granos evaluados en este estudio presentaron endospermos muy duros y duros, por lo que se pueden destinar, principalmente, para la elaboración de tortillas.

CONCLUSIONES

Las semillas más largas y más pesadas se obtuvieron de la primera mazorca. El ancho, el espesor y el volumen de la semilla no fueron afectados por la prolificidad de la planta ni por el sistema de producción (Macho vs Hembra).

La prolificidad y el sistema de producción son factores que no tuvieron influencia sobre la dureza del endospermo del grano. El conocimiento de los índi-

Cuadro 4. Dureza del endospermo, porcentajes y tiempos de cocción en semilla de familias de plantas prolíficas en diferentes sistemas de producción.

Producción	Posición de la mazorca	Dureza del endospermo			
		Muy duros [%]	Duros [%]	Intermedios [%]	Suaves [%]
Hembra	1	60	10	30	0
Hembra	2	60	30	10	0
Macho	1	60	30	10	0
Macho	2	60	30	0	10
Tiempos de cocción		45 min	40 min	35 min	30 min

FV=Fuente de Variación; *, **= Niveles de significancia al 0.05 y 0.01 respectivamente; NS=No significativo; G.L = Grados de libertad; PMS= Peso de mil semillas; VOL=Volumen de la semilla; PROD= Método de producción; MAZ=Mazorcas.

ces de flotación, dureza del endospermo y tiempos de cocción pueden ser útiles para el mejorador y ser tomados en cuenta como una medida de selección de familias, en función a los requerimientos del agricultor, para así definir los materiales de acuerdo al uso que se le dará, como puede ser la elaboración de alimentos tales como tortillas, totopos, atoles, entre otros.

LITERATURA CITADA

- ÁVILA, G. 2006. Estrategias para la producción de semilla de maíz criollo mejorado. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
- CARBALLO, C., A., y J.A. Hernández G. 2013. Selección y manejo de maíces criollos. Ficha Técnica. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Estado de México. 9 p.
- CIRILO, A.G., A. Masagué, W. Tanaka, y A. Di Martino. 2008. Maíz colorado duro: el manejo del cultivo y la calidad comercial. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Buenos Aires, Argentina. 8 p.
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 2002. Norma Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI-2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales-parte I: Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado-especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Economía. 18 p.
- ESPINOSA, E., Mendoza M. y Ortiz, J. 2004. Rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones prolíficas de maíz, en dos densidades de siembra. *Revista Fitoecnia Mexicana*. 27 (1): 39 – 41.
- ESPINOSA-CALDERÓN, A., M. Tadedo-Robledo, M. Sierra-Macías, F. Caballero-Hernández, R. Valdivia-Vernal, y N.O Gómez-Montiel. 2010. Despanojado y densidad de población en una cruza simple androestéril y fértil de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1): 159-165.
- JIMÉNEZ, J., Arámbula, G., De la Cruz, E., Aparicio, M. 2012. Característica del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia*. 28 (2): 145-152.
- MORENO, E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Primera edición. Instituto de Biología de la UNAM. México. pp.250-251.
- NARVÁEZ-GONZÁLEZ, E. D., J. D Figueroa-Cárdenas y S. Taba. 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo a su origen geográfico. *Rev. Fitoec. Mex*. Vol. 30 (3): 321-325.
- OCHOA, M., Hernández, W., Rosas, B. y Carrasco, M. 2009. Evaluación de variedades de maíz cubano. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 9(2): 63-68.
- RINCÓN-SÁNCHEZ, F., N. A. Ruíz-Torres, R. Cuellar-Flores y F. Zamora-Cancino. 2014. 'JAGUAN', Variedad criolla mejorada de maíz para áreas de temporal del sureste de Coahuila, México. *Rev. Fitoec. Mex*. Vol. 37 (4): 403 – 405
- SAS INSTITUTE (2002) SAS/STAT ® 9.0 User 'S Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- VÁZQUEZ C., M.G., L. Guzmán B., J.L. Andrés G., F. Márquez S. y J. Castillo M. 2003. Calidad del grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. *Revista Fitoecnia Mexicana*. 26 (4): 231-238.
- VILLASEÑOR M., H.E. 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias, especialidad en Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 149