

Variedad mejorada de maíz azul ‘V-239AZ’ para las regiones semicálidas de Guerrero*

Improved blue corn variety ‘V-239AZ’ for the regions semi-warm of Guerrero

Noel Orlando Gómez Montiel¹, Miguel Ángel Cantú Almaguer^{1§}, María Gricelda Vázquez Carrillo², César del Ángel Hernández Galeno¹, Flavio Aragón Cuevas³, Alejandro Espinosa Calderón² y Margarita Tadeo Robledo⁴

¹Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. AP. 29. CP 40000. ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco km 13.5, Textcoco, Estado de México. AP. 307. CP 56250. ³Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca-INIFAP. Melchor Ocampo N° 7. Santo Domingo Barrio Bajo, CP 68200 Etlá, Oax. ⁴Universidad Nacional Autónoma de México- Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, Cuautitlán, Estado de México. AP. 25. CP 54700. [§]Autor para correspondencia: cantu.miguel@inifap.gob.mx.

Resumen

El Programa de Mejoramiento Genético del INIFAP con sede en Iguala de la Independencia, Guerrero, ha liberado al comercio la primera variedad criolla mejorada de maíz azul ‘V-239AZ’ con adaptación a las regiones semicálidas de los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla. Después de cinco ciclos de selección masal convergente-divergente que dieron origen a esta variedad, se logró reducir los problemas agronómicos intrínsecos del criollo original, como mayor altura de planta y mazorca, susceptibilidad al acame, alta asincronía entre sus floraciones y color de grano desuniforme, dando lugar en 2016 a su liberación.

Palabras clave: adaptación, maíz mejorado, rendimiento, variabilidad genética.

Abstract

The INIFAP Genetic Improvement Program, based in Iguala of the Independencia, Guerrero, has released the first improved creole variety of blue maize ‘V-239AZ’ with adaptation to the semi-warm regions of the states of Guerrero, Oaxaca and Puebla. After five cycles of convergent - divergent mass selection that gave origin to this variety, it was possible to reduce the agronomic problems of the original creole, such as higher plant height and ear, susceptibility to lodging, high asynchrony between its blooms and uninform grain color, giving place in 2016 to its liberation.

Keywords: adaptation, genetic variability, improved maize, yield.

Esta nueva variedad se adapta muy bien en las áreas semicálidas de montaña baja y su rendimiento promedio de grano obtenido en las diferentes evaluaciones realizadas durante el periodo de 2011 a 2014 fue de 4.1 t ha⁻¹, superando en media tonelada al criollo original. Por sus buenas características físicas y químicas del grano la ‘V-239 AZ’, es una excelente opción para la elaboración de tortillas recién hechas, mostrando altos rendimientos de masa de 1.9 kg kg⁻¹ de maíz y de tortillas 1.5 kg kg⁻¹ de maíz, lo cual se debe a que los granos se hidrolizan rápidamente y alcanzan humedades semejantes a los híbridos con mayor dureza, además esta nueva variedad presenta gran cantidad de antocianinas, 582 µg.

En México, se han identificado 59 razas de maíz de acuerdo a la clasificación más reciente basada en características morfológicas e isoenzimáticas (Sánchez *et al.*, 2000). La región del Pacífico Sur, comprendida por los estados de Guerrero, Morelos, Chiapas y Oaxaca, se caracteriza por tener una gran variabilidad genética de maíz y sus parientes silvestres, dado su orografía que ha permitido aislamientos geográficos y en consecuencia aislamientos de diferentes tipos de maíz (Gómez *et al.*, 2010), donde existe diversidad genética no aprovechada en forma de caracteres y alelos novedosos (Ortiz *et al.*, 2009), que se podrían utilizar para generar nuevas variedades mejoradas, mediante la aplicación de métodos convencionales de mejoramiento.

Como tal, las variedades criollas locales o nativas pueden tener la variabilidad genética necesaria para hacer frente al cambio climático y a la generación de maíces de especialidad, (Bellon *et al.*, 2011; Guarino y Lobell, 2011; Mercer *et al.*, 2012; Ureta *et al.*, 2012).

Bajo este contexto los maíces de color azul sobresalen en Guerrero por su diversidad germoplásmica, dando lugar a una gran riqueza alimenticia por el aprovechamiento del grano, después de su nixtamalización; sin embargo, el maíz nativo azul se caracteriza por tener algunas características agronómicas indeseables, como plantas demasiado altas susceptibles al acame, variabilidad en la altura de mazorca, bajo potencial de rendimiento, plantas improductivas por la alta asincronía entre sus floraciones, color de grano desuniforme que se castiga en la comercialización (Rosas *et al.*, 2006), pero también tiene alta calidad alimentaria y forrajera que justifican reconocerle un valor agregado que el consumidor debería pagar; bajo esta perspectiva, se generó la variedad criolla ‘V-239AZ’ en la cual se han reducido los problemas agronómicos del criollo original ya mencionado.

This new variety fits very well in low mountain lowland areas and its average grain yield obtained in the different evaluations carried out during the period from 2011 to 2014 was 4.1 t ha⁻¹, surpassing the original creole by half a ton. Due to its good physical and chemical characteristics of the grain, the ‘V-239 AZ’ is an excellent choice for the preparation of freshly made tortillas, showing high yields of 1.9 kg kg⁻¹ maize and tortillas 1.5 kg kg⁻¹ maize, which is due to the fact that the grains are hydrolyzed rapidly and reach similar humidity to those of the hybrids with greater hardness, in addition this new variety presents/displays great amount of anthocyanins, 582 µg.

In Mexico, 59 maize races have been identified according to the most recent classification based on morphological and isoenzymatic characteristics (Sánchez *et al.*, 2000). The region of the South Pacific, comprised by the states of Guerrero, Morelos, Chiapas and Oaxaca, is characterized by having a great genetic variability of maize and its wild relatives, given its orography that has allowed geographic isolations and consequently isolations of different types of maize (Gómez *et al.*, 2010), where there is genetic diversity that has not been exploited in the form of novel characters and alleles (Ortiz *et al.*, 2009), which could be used to generate new improved varieties, through the application of conventional breeding methods.

As such, native or local creole varieties may have the genetic variability needed to cope with climate change and the generation of specialty maize (Bellon *et al.*, 2011; Guarino and Lobell, 2011; Mercer *et al.*, 2012; Ureta *et al.*, 2012).

Under this context the blue maize stands out in Guerrero for their germoplasmic diversity, giving rise to a great alimentary wealth by the use of the grain, after its nixtamalization; however, native blue maize is characterized by undesirable agronomic characteristics, including too high susceptible to lodging, variability in ear height, low yield potential, unproductive plants due to the high asynchrony between their blooms, unequifield grain color which is punished in marketing (Rosas *et al.*, 2006), but also has high food and forage quality that justify recognizing an added value that the consumer should pay; under this perspective, the creole variety ‘V-239AZ’ was generated in which the agronomic problems of the original creole already mentioned have been reduced.

In 2004 the work of genetic improvement was started starting from a population conformed by five collections realized to more than 1 200 m of altitude; was started with the

En 2004 se iniciaron los trabajos de mejoramiento genético partiendo de una población conformada por cinco colectas realizadas a más de 1200 m de altitud; se inició con la obtención de un ciclo de selección recurrente de medios hermanos propuesta por Lonnquist (1964), en 2006 se integró la población azul. Y en 2008 esta población se estabilizó genéticamente y se reinició su mejoramiento con cinco ciclos de selección masal convergente - divergente que dieron origen a esta variedad (Gómez *et al.*, 2013).

La 'V-239AZ' es una variedad criolla mejorada con características agronómicas superiores a los criollos regionales, y se obtuvo sin alterar sus características intrínsecas y de calidad de grano; se registró en 2016 ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) asignándole el número 3391-MAZ-1785-1710616/C, su caracterización se hizo en el Campo Experimental Iguala en los ciclos de siembra, 2012-2013 y 2013-2014 otoño-invierno, con base en la guía técnica de maíz (UPOV, 2009) y en el manual gráfico para la descripción varietal de maíz (Carballo y Benítez, 2003).

La variedad comercial 'V-239AZ', es de porte intermedio con una altura de planta de 261 a 285 cm, de 20 a 30 cm menor al de los materiales criollos regionales. Su ciclo es precoz con 58 y 60 días a la floración masculina y femenina respectivamente, esta variedad tiene hojas rectilíneas de color verde medio, su espiga es compacta con 7 a 9 ramas laterales primarias, estigmas de color verde-amarillo; mazorca cónica cilíndrica de buena cobertura de las brácteas, tiene 15 a 20 cm de longitud con 12 a 14 hileras rectas y 31 a 40 granos por hilera de color azul y textura semi dentada, su rendimiento de grano promedio es de 4.1 t ha⁻¹.

El tono azul del grano es más uniforme en comparación a los materiales nativos que siembra el productor. La variedad 'V-239 AZ' presenta excelente adaptación en la región subtropical de la Montaña baja de los estados de Guerrero, Oaxaca y Puebla con altitudes de 1 200-1 700 m, con una precipitación de 800 a 1 000 mm, una temperatura media anual de 23 a 25 °C, se adapta a suelos que presenten un pH de 7.5 a 8 y laderas con pendientes menores a 15%. En evaluaciones realizadas en los últimos cuatro años (2011 al 2014) en diez diferentes ambientes del estado de Guerrero, la variedad 'V-239 AZ' mostró un rendimiento que varió de 3.5 a 4.5 t ha⁻¹, superando al criollo original en 0.5 a 1 t ha⁻¹.

acquisition of a cycle of recurrent selection of half-brothers proposed by Lonnquist (1964), in 2006 the blue population was integrated. And in 2008 this population was genetically stabilized and its improvement was restarted with five cycles of convergent-divergent mass selection that gave rise to this variety (Gómez *et al.*, 2013).

The 'V-239AZ' is an improved creole variety with agronomic characteristics superior to the regional creole, and was obtained without altering its intrinsic and grain quality characteristics; was registered in 2016 before the National Seed Inspection and Certification Service (SNICS), assigned the number 3391-MAZ-1785-1710616/C, its characterization was made in the Experimental Field Iguala in the sowing cycles, 2012-2013 and 2013 -2014 autumn-winter, based on the maize technical guide (UPOV, 2009) and the graphic manual for the varietal description of maize (Carballo and Benítez, 2003).

The commercial variety 'V-239 AZ', is intermediate with a plant height of 261 to 285 cm, 20 to 30 cm smaller than that of regional Creole materials. Its cycle is precocious with 58 and 60 days to the male and female flowering respectively, this variety has rectilinear leaves of medium green color, its spike is compact with 7 to 9 primary lateral branches, stigmas of green-yellow color; cylindrical cone with good coverage of the bracts, is 15 to 20 cm long with 12 to 14 straight rows and 31 to 40 grains per row of blue and semi-toothed texture, its average grain yield is 4.1 t ha⁻¹.

The blue shade of the grain is more uniform compared to the native materials sowed by the producer. The variety 'V-239 AZ' presents an excellent adaptation in the subtropical low mountain regions of the states of Guerrero, Oaxaca and Puebla with altitudes of 1,200-1,700 meters above sea level, with a precipitation of 800 to 1 000 mm, a temperature annual average of 23 to 25 °C, is adapted to soils that have a pH of 7.5 to 8 and slopes with slopes less than 15%. In evaluations carried out in the last four years (2011 to 2014) in ten different environments of the state of Guerrero, the variety 'V-239AZ' showed a yield that varied from 3.5 to 4.5 t ha⁻¹, surpassing the original creole in 0.5 at 1 t ha⁻¹.

The variety 'V-239 AZ' has large grains (PCG > 38 g), with reduced hectoliter weight, 68 kg hL and very soft grain endosperm (percentage of floaters less than 87), characteristics that are in accordance with its high percentage of mealy endosperm, of 56% values that are common for

La variedad 'V-239 AZ' tiene granos de tamaño grande (PCG > 38 g), con reducido peso hectolítrico, 68 kg hL y endospermo de grano muy suave (porcentaje de flotantes menor de 87), características que están acordes con su elevado porcentaje de endospermo harinoso, de 56% valores que son comunes para los maíces criollos y que resultan inferiores a los de maíces mejorados del estado de Guerrero (Salinas *et al.*, 2010). Sus proporciones de: pedicelo 1.96%, pericarpio 5%, germen 12.3% y endospermo córneo 25%, están comprendidos dentro de los observados en los maíces dentados comerciales (González, 2009).

En cuanto a la calidad nixtamalera-tortillera, por la suavidad de su grano, requiere poco tiempo de nixtamalización 25 min, consecuentemente el gasto de combustible para su procesamiento es reducido. Su nixtamal registró una reducida pérdida de sólidos de 1.9% en el licor de cocción (nejayote) y retuvo en promedio 30% de pericarpio. La humedad de su nixtamal fue de 48.1%, para la masa 55.5%, tortillas recién elaboradas 43% y 24 h después de almacenadas a 4 °C 41.2%, lo que indica que los granos del 'V-239AZ' se hidrolizan rápidamente y alcanzan humedades semejantes a las de los híbridos con mayor dureza, lo que contribuye a los altos rendimientos de masa y tortilla de 1.9 kg kg⁻¹ y 1.5 kg kg⁻¹ de maíz.

Sus tortillas 2 h después de elaboradas, requieren en promedio una fuerza de 262 gF, para romperse y presentan un valor de elongación de 10.2 mm, lo que las califica como tortillas suaves y elásticas. No obstante, 24 h después de almacenadas, requirieron 347 gF (32.4%) para romperse y su elongación se redujo a 8.3 mm, por lo que es una buena opción para la elaboración de tortillas.

En la composición química del 'V-239AZ', se observó que su grano tuvo concentraciones de compuestos químicos dentro del intervalo informado para maíces híbridos comerciales (Salinas y Pérez, 1997), con valores que están en el extremo superior, así el contenido medio de aceite fue de 5.52%, proteína de 9.55%, que en tortillas se incrementó a 10% debido a la concentración que sufren el resto de los compuestos después de la pérdida del pericarpio, durante la nixtamalización y el lavado. Los valores de lisina y triptófano en endospermo y tortillas estuvieron dentro de lo informado para maíces de endospermo normal (Sierra *et al.*, 2010).

native maize and that are inferior to those of improved maize of the state of Guerrero (Salinas *et al.*, 2010). Its proportions of: pedicel 1.96%, pericarp 5%, germ 12.3% and corneal endosperm 25%, are included within those observed in commercial toothed maize (González, 2009).

As for the nixtamalera-tortillera quality, due to the softness of its grain, it requires little time of nixtamalization 25 min, consequently the expense of fuel for its processing is reduced. Its nixtamal recorded a reduced solids loss of 1.9% in the cooking liquor (nejayote) and retained on average 30% of pericarp. The moisture of its nixtamal was 48.1%, for the mass 55.5%, freshly made tortillas 43% and 24 h after storage at 4 °C 41.2%, indicating that the grains of the 'V-239 AZ' are hydrolyzed rapidly and reach hybrids similar to those of the hybrids with greater hardness, which contributes to the high yields of mass and tortilla of 1.9 kg kg⁻¹ and 1.5 kg kg⁻¹ of maize.

Their tortillas 2 h after elaboration, require on average a strength of 262 gF, to break and have an elongation value of 10.2 mm, which qualifies them as soft and elastic tortillas. However, 24 h after storage, they required 347 gF (32.4%) to break and their elongation was reduced to 8.3 mm, making it a good choice for making tortillas.

In the chemical composition of 'V-239AZ', it was observed that its grain had concentrations of chemical compounds within the range reported for commercial hybrid maize (Salinas and Pérez, 1997), with values that are at the upper end, thus the average content of oil was 5.52%, protein of 9.55%, that in tortillas was increased to 10% due to the concentration that the rest of the compounds suffer after the loss of the pericarp, during the nixtamalization and the washing. The values of lysine and tryptophan in endosperm and tortillas were within what was reported for maize of normal endosperm (Sierra *et al.*, 2010).

In whole grain, 'V-239AZ' recorded higher amino acid percentages than commercial hybrids, the above is attributed to the greater proportion of the germ in larger grains and possibly to some favorable environmental conditions of the crop (lower population density). The blue shade of the grain (hue = 283°) was increased in tortilla at 310°, grain to tortilla showed a loss of 12 and 14% of lysine and tryptophan respectively and about 50% of anthocyanins (Gómez *et al.*, 2013).

En grano entero, 'V-239AZ' registró mayores porcentajes de aminoácidos que los maíces híbridos comerciales, lo anterior se atribuye a la mayor proporción del germen en granos de mayor tamaño y posiblemente a algunas situaciones ambientales favorables del cultivo (menor densidad de población). El tono azul del grano (hue=283°) se incrementó en tortilla a 310°, de grano a tortilla mostró una pérdida de 12 y 14% de lisina y triptófano, respectivamente y cerca de 50% de antocianinas (Gómez *et al.*, 2013).

La conservación de la identidad varietal de 'V-239 AZ' se debe realizar en un lote aislado siguiendo las normas establecidas en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) en cuanto aislamiento por distancia o tiempo (Coutiño, 1993; Vallejo *et al.*, 2008), se sugiere eliminar plantas fuera de tipo y en prefloración desespigar plantas segregantes de mazorca alta, acamadas o enfermas (Figura 1).

Conclusiones

Para mantener su pureza se sugiere sembrar lotes de 1 000 m², en donde se seleccionan 200 hermanos completos (HC) de 400 familias obtenidos que representan fielmente al 'V-239' AZ. El INIFAP pone a disposición de organizaciones de productores y microempresas, la semilla registrada de la variedad para su siembra y conservación.

Literatura citada

- Carballo, C. A.; A Benítez, V. A. 2003. Manual gráfico para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 114 p.
- Coutiño, E. B. 1993. Normas y técnicas para producir semilla certificada de variedades de maíz. Ocozacoautla, Chis. CECECH-CIRPAS-INIFAP. Folleto técnico Núm. 732 p.
- Bellon M. R.; Hodson, D. and Hellin, J. 2011 Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 108:13432-7. doi: 10.1073/pnas.1103373108.
- Gómez, M. N. O.; Coutiño E. B. y Trujillo, C. A. 2010. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Segunda etapa 2008-2009. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Informe final SNIB-CONABIO proyecto N° FZ016. México, D. F. 21 p.

The preservation of the varietal identity of 'V-239AZ' must be carried out in an isolated lot according to the standards established by the National Seed Inspection and Certification Service (SNICS) as distance or time isolation (Coutiño, 1993; Vallejo *et al.*, 2008), it is suggested to eliminate plants out of type and in prefloration to defuse segregating plants of high ear, bedridden or diseased (Figure 1).



Figura 1. Aspecto de planta y mazorca del V-239 AZ.
Figure 1. Aspect of plant and cob of the V-239 AZ.

Conclusions

In order to maintain its purity, it is suggested to plant lots of 1 000 m², where 200 complete siblings (HC) of 400 families are obtained that faithfully represent the 'V-239' AZ. The INIFAP makes available to producer and microenterprise organizations the registered seed of the variety for planting and conservation.

End of the English version



- Gómez, M. N. O.; Hernández, G. C del A.; Vázquez, C. G. y Cantú, A. M. A. 2013. Variedad mejorada de maíz azul para las regiones semicálidas de Guerrero. *In: Memorias de Resúmenes. V Reunión Nacional para el Mejoramiento, Conservación y Uso de los Maíces Criollos.* Sociedad Mexicana de Fitogenética, AC. 40 p.
- González A, U. 2009, El maíz y su conservación. Ed. Trillas. México, D. F. 399 p.
- Guarino, L. and Lobell, D. B. 2011. A walk on the wild side. *Nature Clim. Change* 1:374-375. Doi: 10.1038/nclimate1272.
- Lonnquist, J. H. 1964. Modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. *Crop. Sci.* 4: FALTA NÚMERO DE VOLUMEN DE REVISTA 227-228.
- Mercer K. L.; Perales, H. R. and Wainwright, J. D. 2012. Climate change and the transgenic adaptation strategy: Small holder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico. *Global Environ. Change* 22:495-504. doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.01.003.

- Ortiz, R. S.; Taba, V.; Tovar, H. C.; Mezzalama, M. and Xu, J. Yan, and J. H. Crouch. 2009. Conserving and enhancing maize genetic resources as global public goods: a perspective from Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). *Crop. Sci.* 50: 13-28.
- Rosas, S, J. C.; Gallardo, G. O. y Jiménez, T. J. 2006. Mejoramiento de maíces criollos de Honduras mediante la aplicación de metodologías del fitomejoramiento participativo I. *Agron. Mesoam.* 17(3):383-392.
- Salinas, M. Y. y Pérez, H. P. 1997. Calidad nixtamalero-tortillera en maíces comerciales de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 20: 121-136.
- Salinas, M. Y.; Gómez M. N. O.; Cervantes, M. J. E.; Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Betanzos, M. E. y Coutiño, E. B. 2010. Calidad nixtamalero y tortillera en maíces del trópico húmedo y sub-húmedo de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(4): 509-523.
- Sánchez, J. J.; Goodman, M. M. and Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54:43-59.
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Vázquez, C. G.; Rodríguez, M. F. y Espinosa, C. A. 2010. Características agronómicas, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agron. Mesoam.* 21(1):21-29.
- UPOV. 2009. Maíz, código upov: ZEAAA_MAY. *Zea mays* L. TG/2/7. www.upov.int.
- Ureta, C. E.; Martínez, M.; Perales, H. R. and Álvarez, B. E. R. 2012. Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Glob. Change Biol.* 18:1073-1082.
- Vallejo, D. H. L.; Ramírez, D. J. L.; Chuela, B. M. y Ramírez, Z. R. 2008. Manual de producción de semilla de maíz. Estudio de caso. Campo Experimental Uruapan. CIRPAC-INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. Folleto técnico núm. 14. 84 p.