

V-236 P, cultivar de maíz Pepitilla para regiones de montaña baja*

V-236 P, cultivar of maize Pepitilla for low-mountain regions

Noel Orlando Gómez-Montiel¹, Miguel Ángel Cantú-Almaguer¹, César del Ángel Hernández-Galeno^{1§}, María Gricelda Vázquez Carrillo², Flavio Aragón Cuevas³, Alejandro Espinosa-Calderón² y Francisco Palemón Alberto⁴

¹Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan, km 2.5. A. P. 29. C. P. 40000, Iguala, Guerrero, México. ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco, km 13.5. A. P. 307. C. P. 56250. Textcoco, Estado de México. ³Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca-INIFAP. Melchor Ocampo N° 7 Santo Domingo Barrio Bajo. C. P. 68200. Etlá, Oaxaca. ⁴Universidad Autónoma de Guerrero. Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria. Carretera Iguala-Tuxpan, km 2.5. C. P. 40000. Iguala, Guerrero. (alpf75@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: hernandez.cesar@inifap.gob.mx.

Resumen

Los maíces nativos ocupan 70% de la superficie cultivada de maíz en México, por su gran adaptación a diferentes nichos ecológicos; un caso relevante corresponde a la raza Pepitilla que es uno de los maíces nativos más representativos del estado de Guerrero, es reconocido ampliamente por su excelente calidad para la elaboración de tortillas por el método tradicional nixtamal-masa-tortilla. Su área de adaptación es la región semicálida, restringida a condiciones de ladera de la montaña baja de Guerrero, Oaxaca, Puebla y Morelos; sin embargo, tiene características agronómicas indeseables que le ocasionan acame y bajos rendimientos de grano. Para mejorarlo, el programa de maíz del INIFAP-Campo Experimental Iguala, inició en el año 2000 una colecta de maíces criollos con el propósito de conservarlos y mejorarlos. Después de nueve ciclos de selección masal-convergente-divergente, aplicados a una población integrada con diez colectas seleccionadas de maíz criollo de la raza Pepitilla, se obtuvo la variedad V-236 P, la cual tiene mejores características agronómicas que la población original, tales como altura de planta y mazorca más baja, mayor resistencia al acame, menor porcentaje de plantas improductivas atribuido a una mayor sincronía entre sus floraciones, color de grano más uniforme que le da mejor calidad tortillera; sin embargo,

Abstract

Native maize occupy 70% of the cultivated maize in Mexico, because of its great adaptation to different ecological niches; a relevant case corresponds to the Pepitilla race, one of the most representative landraces of Guerrero, widely recognized by its excellent quality for making tortillas by the mass-boiled corn-tortilla traditional method. Its area of adaptation is the semi-warm region, restricted to conditions of low slope of the mountains of Guerrero, Oaxaca, Puebla and Morelos; however, it does have undesirable agronomic traits that cause lodging and low grain yield. In order to improve it, the program of INIFAP's Experimental Field Iguala, started in 2000 a collection of landraces for preserving and improving them. After nine cycles of convergent-divergent-mass selection, applied to an integrated collection with ten selected native maize of Pepitilla race population, the variety V-236 P was obtained, which has better agronomic traits than the original, such population as plant height and lower cob, higher resistance to lodging, lower percentage of unproductive plants attributed to larger synchrony between their blooms, more uniform color that gives better quality grain tortilla, but the most relevant of this new variety V-236 P is that it has maintained the tortilla quality, purity of the breed, and has increased grain yield compared to the original population.

* Recibido: agosto de 2013
Aceptado: febrero de 2014

lo más relevante de esta nueva variedad V-236 P, es que ha mantenido la calidad tortillera, la pureza de la raza, y ha incrementado su rendimiento de grano en comparación con la población original.

Palabras clave: *Zea mays* L., maíz Pepitilla, criollo.

El maíz es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle raza Balsas, siendo Mesoamérica centro de origen y de diversidad genética del maíz; en México se han identificado 59 razas (Sánchez y Goodman, 1992; Sánchez *et al.*, 2000). Estudios sobre la variación isoenzimática sugieren que el maíz fue domesticado en la región de la Cuenca del Balsas (Doebly *et al.*, 1987), ya que todas las razas de maíz son isoenzimáticamente cercanas a la subespecie *parviglumis* en comparación con otros teocintles, reafirmando esta hipótesis los estudios moleculares de Matsuoka *et al.* (2002), quienes sugieren que el maíz se originó en un sólo evento de domesticación al sureste de México hace unos 9000 años.

En el estado de Guerrero se han identificado y se cultivan 15 razas puras de maíz; entre los maíces nativos más importantes sobresale la raza Pepitilla, principalmente por su superficie sembrada, la cual posee apreciables atributos en la elaboración de tortillas por el método tradicional (Paredes *et al.*, 2009); éste maíz se adapta muy bien a la fisiografía accidentada de los estados de Guerrero, Puebla, Morelos y Oaxaca, caracterizados por la presencia de laderas con pendientes pronunciadas (> 10 %), suelos delgados de baja fertilidad y excelente precipitación; bajo estas condiciones de producción los maíces mejorados muestran desadaptación por su largo ciclo y por lo tanto producen rendimientos de grano muy bajos.

En este contexto, la mejor opción de siembra para estas regiones es el maíz de la raza Pepitilla; sin embargo, este maíz tiene serios problemas con alturas de planta y mazorca que ocasionan acame, alto porcentaje de plantas improductivas y variación en la coloración de grano, lo cual ocasiona castigos en el precio. Con estos antecedentes, el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con sede en Iguala, Guerrero, inició el mejoramiento del maíz Pepitilla adaptado a la región semicálida de Guerrero, culminando con la obtención de la primera variedad de la raza Pepitilla en México, denominada V-236 P.

Keywords: *Zea mays* L., Pepitilla maize, landrace.

Maize is the domesticated form of the wild Mexican grass called teosinte race Balsas, being Mesoamerican the center of origin and genetic diversity of maize, in Mexico 59 races have been identified (Sánchez and Goodman, 1992; Sánchez *et al.*, 2000). Studies on the iso-enzymatic variation suggest that maize was domesticated in the region of the Balsas (Doebly *et al.*, 1987), since all the races of maize are iso-enzymatically near the *parviglumis* subspecies compared to other teosinte, confirming this hypothesis with molecular studies of Matsuoka *et al.* (2002), who suggest that maize originated in a single domestication event southeast of Mexico about 9000 years ago.

In the State of Guerrero 15 pure breeds of corn have been identified and are grown, among the most important native maize is the Pepitilla race, mainly because of its acreage, which has significant attributes in making tortillas by the traditional method (Paredes *et al.*, 2009). It is well adapted to the rugged physiography of the States of Guerrero, Puebla, Morelos and Oaxaca, characterized by the presence of hillsides with steep slopes (> 10%), thin soils of low fertility and excellent precipitation; under these conditions of improved maize production show mismatch for his long cycle and therefore produce very low grain yields.

In this context, the best option for these regions is sowing the Pepitilla race, but this corn has serious problems with plant and ear heights causing lodging, high percentage of unproductive plants and variation in the color of grain, which punish the price. With this background, the Maize Breeding Program of the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), located in Iguala, Guerrero, started the Pepitilla maize breeding adapted to the semi-warm region of Guerrero, culminating obtaining the first plurality of race Pepitilla Mexico, called V-236 P.

The open-pollinated variety V-236 P is the result of applying nine cycles of a convergent-divergent mass selection of Pepitilla population, which was formed after evaluating 60 collections of landraces of this breed in the spring-summer 2001 growing season in three locations in Guerrero, were selected the top ten with a balanced compound was integrated. Subsequently, in order to stabilize genetically a compound of three recombinations were performed; thereafter breeding compound is properly started using the method of visual mass selection modified in convergent-divergent mode (Molina, 1983).

La variedad de polinización libre V-236 P es el resultado de aplicar nueve ciclos de selección masal convergente-divergente a una población Pepitilla, la cual se formó después de evaluar 60 colectas de maíz criollo de esta raza en el ciclo agrícola primavera-verano 2001 en tres localidades de Guerrero; se seleccionaron las mejores diez con las que se integró un compuesto balanceado. Posteriormente, con el propósito de estabilizar genéticamente el compuesto Pepitilla, se realizaron tres recombinaciones; a partir de entonces se inició propiamente el mejoramiento genético del compuesto Pepitilla mediante el método de selección masal visual modificada en su modalidad convergente-divergente (Molina, 1983).

Este método se aplicó con el propósito de ganar adaptación al explorar diferentes ambientes de selección. En el ciclo de primavera-verano 2003 bajo condiciones de temporal se establecieron cuatro ambientes de selección (divergente) ubicados en la región semicálida de Guerrero (Teloloapan, Olinalá, Puente Campuzano y Acatlán) en terrenos de agricultores cooperantes, obteniendo en promedio 50 mazorcas seleccionadas por localidad, con las que se integró un compuesto de 200 mazorcas, en el siguiente ciclo agrícola otoño-invierno bajo condición de riego, se realizó la recombinación (selección convergente) en un lote aislado en terrenos del Campo Experimental Iguala del INIFAP (CEIGUA), completando así el primer ciclo de selección masal visual convergente-divergente (SMVCD).

Este procedimiento se realizó por nueve ciclos continuos, dando como resultado la variedad de polinización libre V-236 P. La variedad se registró en 2012 ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) asignándole el número 2751-MAZ-1401-030512/C, su caracterización se realizó en el CEIGUA en los ciclos de siembra otoño-invierno 2010-2011 con base en las directrices para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad en maíz (UPOV, 2009) y en el manual gráfico para la descripción varietal de maíz (Carballo y Benítez, 2003).

La variedad comercial V-236 P tiene una altura de planta que varía de 260 a 270 cm, tolera el acame, tiene hojas ligeramente curvadas de color verde oscuro, la floración masculina se presenta a los 62 días y un día después la femenina; la espiga es semi abierta con 11 a 17 ramas laterales primarias, tiene estigmas de color amarillo; mazorca cónica-cilíndrica con buena cobertura de las brácteas, de 15 a 20 cm de longitud con 12 a 14 hileras irregulares y 31 a 40 granos por hilera, de color blanco cremoso y textura semi dentada; el aspecto de planta y mazorca se muestran en la Figura 1.

This method was applied for the purpose of winning adaptation to explore different selection environments. In the cycle of spring-summer 2003 under rainfed conditions four main selection (divergent) located in the semi-warm region of Guerrero (Teloloapan, Olinalá Bridge Campuzano and Acatlán) cooperating on land farmers settled, obtaining an average of 50 selected for local ears, with a compound of 200 ears was integrated in the next agricultural cycle autumn-winter under irrigated condition, recombination (convergent selection) was performed in a batch isolated on grounds of the Experimental Field Iguala of the INIFAP (CEIGUA), thus completing the first cycle of visual mass selection convergent-divergent (SMVCD).

This procedure was performed for nine continuous cycles, resulting in open pollinated variety V-236 P. The variety was registered in 2012 with the National Inspection and Certification of Seeds assigning the number MAZ-2751-1401-030512/C, its characterization was performed on the CEIGUA planting cycles in autumn-winter 2010-2011 based on the guidelines for the conduct of the examination of distinctness, uniformity and stability in maize (UPOV, 2009) and manual graphic for maize varietal description (Carballo and Benítez, 2003).

The commercial variety V-236 P has a plant height ranging from 260 to 270 cm, tolerate lodging, has leaves slightly curved dark green, the male flowering occurs at 62 days and one day after the female, the blade is semi-open with 11-17 primary lateral branches have yellow stigmas; conical-cylindrical cob with good coverage of the bracts, 15 to 20 cm in length with irregular rows 12-14 and 31-40 grains per row, creamy white and semi-toothed texture, appearance and cob plant shown in Figure 1.



Figura 1. Aspecto de planta y mazorca de la variedad de maíz V-236 P.

Figure 1. Plant and ear looks of the maize variety V-236 P.

Esta variedad Pepitilla, única en México, presenta características agronómicas superiores a la población original de la raza Pepitilla y similares en tipo de grano, mazorca y rendimiento de grano; entre éstas se puede resaltar mayor tolerancia al acame, menor altura de planta y mazorca, mayor sincronía entre sus floraciones masculina y femenina, así como menor porcentaje de plantas improductivas (Cuadro 1); además, esta variedad por ser de la raza Pepitilla, destaca por la excelente calidad de sus tortillas. Sus características fisicoquímicas y calidad de tortilla son: granos de tamaño medio, un peso de 100 granos de 31.4 g, endospermo suave, un índice de flotación de 71-83% y reducido peso hectolítrico (73 kg hL⁻¹); sus granos son luminosos (L= 73%) y de tono cremoso (hue= 83.8°), con un porcentaje de pedicelo de 1.78%, 6.2% pericarpio y 11.6% germen, que se ubican dentro de lo reportado por otros autores para esta raza de maíz (Vázquez *et al.*, 1990; Antuna *et al.*, 2008; Jiménez-Juárez *et al.*, 2012), lo mismo se presentó con el contenido de aceite (5.7%), fibra (1.9%), proteína (10.5%), lisina (0.314%) y triptófano (0.076%).

This variety is unique in Mexico, presents agronomic traits superior to the original population of the breed Pepitilla and similar type of grain, cob and grain yield; between them we can highlight higher tolerance to lodging, lower plant and ear height, greater synchrony between their male and female blooms and smaller percentage of unproductive plants (Table 1); addition, this variety being the Pepitilla race, noted for the excellent quality of their tortillas. Their physicochemical characteristics and quality tortilla are grains of medium size, weighing 100 grains 31.4 g, soft endosperm, a rate of 71-83% flotation and reduced test weight (73 kg hL⁻¹), the grains are luminous (L= 73%) and creamy tone (hue= 83.8°), with a percentage of pedicel 1.78%, 6.2% pericarp and 11.6% germ, which are located within those reported by other authors for this breed of corn (Vázquez *et al.*, 1990; Antuna *et al.*, 2008; Jiménez-Juárez *et al.*, 2012), was presented with the same oil content (5.7%), fiber (1.9%), protein (10.5%) lysine (0.314%) and tryptophan (0.076%).

Cuadro 1. Características diferenciales entre V-236 P y la población Pepitilla original. Iguala, Guerrero. Primavera-verano 2011.
Table 1. Differentiating traits of V-236 P and the original Pepitilla population. Iguala, Guerrero. Spring-Summer 2011.

Carácter	V-236 P	Pepitilla original
Altura de planta (cm)	253	310
Altura de mazorca (cm)	101	138
Floración masculina (días)	65	66
Floración femenina (días)	66	69
Acame	Tolerante	Susceptible
Plantas improductivas (%)	2	10
Color de grano	Uniforme	Segregación
Adaptación	Mayor	Menor
Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)	3.5	3.3

La variedad V-236 P proporcionó un alto rendimiento de masa y tortilla (1.91 y 1.53 kg de maíz⁻¹, respectivamente), las cuales son de excelente calidad por su suavidad y color, tanto recién elaboradas (245 gf y L= 80.2%) como 24 h después de haberse almacenado en refrigeración (285 gf y L= 79.7%), tienen relativamente alto contenido de lisina y triptófano (0.305 y 0.047%) siendo un maíz de grano normal. Lo anterior indica que la calidad del grano y la actividad nixtamalización-tortilla de esta variedad se ha mantenido durante el proceso de mejoramiento genético, ya que cumple con los parámetros comerciales e industriales para la elaboración de tortillas por el método tradicional, nixtamal-masa-tortilla (SE, 2002).

The variety V-236 P gave a high yield of dough and tortillas (1.91 and 1.53 kg maize⁻¹, respectively), which are of excellent quality for its softness and color, both freshly prepared (245 gf and L= 80.2%) and 24 h after being stored under refrigeration (285 gf and L= 79.7%), have relatively high lysine and tryptophan (0.305 and 0.047%) being a normal corn grain. This indicates that grain quality and nixtamalization-tortilla activity of this strain has been maintained during the breeding process, because it meets commercial and industrial settings for making tortillas by the traditional method, Nixtamal-mass- tortilla (SE, 2002).

Durante las evaluaciones experimentales de los últimos tres años en tres localidades, la variedad V-236 P siempre ha presentado muy buenos rendimientos de grano, los cuales han fluctuado de 4 a 6.5 t ha⁻¹. Este material mejorado se adapta muy bien a regiones semicálidas con altitudes de 1 200 a 1 700 msnm, precipitación de 800 a 1100 mm, temperatura media anual de 24 a 25 °C y a los suelos de ladera de las regiones montañosas de los estados de Guerrero, Morelos, Puebla y Oaxaca; se sugiere utilizar densidades de población de 55 mil a 60 mil plantas ha⁻¹, surcos de 80 a 90 cm de ancho con tres plantas por mata cada 50 a 60 cm y aplicar una dosis de fertilización de 90N-60P-00K.

Para la producción de semilla de la variedad V-236 P se deben aplicar las normas sugeridas por el SNICS en cuanto a aislamiento por distancia o tiempo (Coutiño, 1993), eliminar las plantas fuera de tipo y en prefloración desespigar aquellas que segreguen mazorca alta, estén acamadas o enfermas. Para conservar la identidad varietal se sugiere establecer un lote de siembra de 1 000 m² donde se seleccionen 200 mazorcas sanas puras de la raza Pepitilla. La semilla original se obtiene por polinización controlada al generar 400 familias de hermanos completos (HC), pero integrando la población con las mejores 200 familias. El INIFAP pone a disposición de organizaciones de productores y microempresas la semilla registrada de la variedad para obtener semilla certificada o comercial.

Literatura citada

- Antuna, G. O.; Rodríguez, H. S. A.; Arámbula, V. G.; Palomo, G. A.; Gutiérrez, A. E.; Espinoza, B. A.; Navarro, O. E. F. y Andrio, E. E. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):23-27.
- Carballo, C. A. y 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, Estado de México. 114 p.
- Coutiño, E. B. 1993. Normas y técnicas para producir semilla certificada de variedades de maíz. Folleto técnico Núm. 7. CECECH-CIRPAS-INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas. 32 p.
- Doebley, J.; Goodman, M. M. and Stuber, C. W. 1987. Patterns of isozyme variation between maize and Mexican annual teosinte. *Econ. Bot.* 41:234-246.
- Jiménez-Juárez, J. A.; Arámbula-Villa, G.; de la Cruz-Lázaro, E.; y Aparicio-Trapala, M. A. 2012. Características del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 28:145-152.
- During the experimental evaluations of the past three years in three locations, the V-236 P range has always presented very good grain yields, which have ranged from 4 to 6.5 t ha⁻¹. This improved material well adapted to semi-warm regions with elevations from 1 200 to 1 700 m, rainfall of 800-1 100 mm, mean annual temperature of 24-25 °C and hillside soils of the mountainous regions of the States of Guerrero, Morelos, Puebla and Oaxaca; it is suggested that population densities of 55 000-60 000 plants ha⁻¹, rows 80 to 90 inches wide with three plants per hill at 50 to 60 cm and a dose of fertilization 90N-60P-00K.
- For the production of seed of the variety V-236 P we should apply the standards suggested, regarding isolation by distance or time (Coutinho, 1993), remove off-types and, break the tassels of those with high cobs, or then sick ones. For preserving the varietal identity is suggested to establish a seed lot of 1 000 m², selecting 200 cobs pure and healthy of Pepitilla race. The original seed is obtained by controlled pollination that generates 400 full-sib families (HC), but integrating the population with the best 200 families.

End of the English version



- Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, G. J.; Buckler, E. and Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99:6080-6084.
- Molina, G. J. D. 1983. Selección masal visual estratificada en maíz. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Publicación especial. 36p.
- Secretaría de Economía (SE). 2002. Norma mexicana para maíces destinados al proceso de nixtamalización, 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. Dirección General de Normas. SE, México, D. F. 33 p.
- Paredes, L. O.; Guevara, L. F. y Bello, P. L. A. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. *Ciencias* 92-93:60-70.
- Sánchez, G. J. J. and Goodman, M. M. 1992. Relationships among Mexican and some North American and South American races of maize. *Maydica* 37:41-51.
- Sánchez, G. 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.
- International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV). 2009. Guide lines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability. *Maize. TG/2/7*. Geneva, Switzerland. 64p.
- Vázquez, C. M. G.; Márquez, A. A. R. y Márquez, S. F. 1990. Evaluación física, química y tortillera del compuesto Pepitilla de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 13:117-118.