

Híbrido varietal HV-240: nueva alternativa de maíz para la montaña baja de Guerrero*

HV-240 varietal hybrid: new maize alternative for the low mountain of Guerrero

Noel Orlando Gómez Montiel¹, Miguel Ángel Cantú Almaguer^{1§}, María Gricelda Vázquez Carrillo², Fernando Castillo Gonzalez³, César del Ángel Hernández Galeno¹, Flavio Aragón Cuevas⁴, Alejandro Espinosa Calderón² y Francisco Palemón Alberto⁵

¹Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5. Iguala de la Independencia, Guerrero, México. CP 40000. AP. 29. ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Textcoco km 13.5. Textcoco, Estado de México. CP. 56250. AP. 307. ³Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillos. Carretera México-Textcoco km 36.5. Montecillo, Textcoco, Estado de México. CP. 56230. ⁴Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca-INIFAP. Carretera Internacional Ocozocautla-Zintalapa km 3.0. Ocozocautla de Espinosa, Chiapas. CP. 29140. ⁵Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales-Universidad Autónoma de Guerrero. Periférico poniente s/n. Colonia Villa de Guadalupe, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. CP. 40020. [§]Autor para correspondencia: cantu.miguel@inifap.gob.mx.

Resumen

La siembra de híbridos no convencionales es una posibilidad real para elevar el rendimiento de maíz en áreas de mediano potencial productivo en altitudes de 1 200 a 1 700 m de la montaña de Guerrero y regiones similares, donde predominan diferentes nichos ecológicos, en los cuales se ha dificultado poner a disposición de los agricultores materiales mejorados específicos. Por ello el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP con sede en Iguala, Guerrero, desde 1985 ha venido trabajando en el aprovechamiento de poblaciones nativas de origen subtropical *per se* o en combinación con maíces mejorados y líneas experimentales, hasta generar el nuevo híbrido varietal 'HV-240', obtenido con germoplasma nativo y mejorado con mayor adaptación y mejor que el maíz nativo, que se siembra 70% de la superficie cultivada con maíz en el estado de Guerrero. El 'HV-240' se caracteriza por tener una adaptación amplia, un ciclo biológico de 125 días en promedio, con 64 días a floración masculina y femenina, altura de 250 a 270 cm, que presenta mayor resistencia al acame, y un rendimiento de grano de 5 a 6.5 t ha⁻¹.

Abstract

Sowing of non-conventional hybrids is a real possibility to increase maize grain yield in areas of medium productive potential from altitudes of 1 200 to 1 700 m of the Guerrero's mountains and similar regions, where different ecological niches predominate, in which has been difficult to make specific improved material available to farmers. Therefore the INIFAP's Maize Breeding Program based in Iguala, Guerrero, since 1985 has been working on the use of native populations of subtropical origin *per se* or in combination with improved maize and experimental lines till the generation of the new 'HV-240' varietal hybrid, obtained with native and improved germplasm so that it shows greater adaptation and better plant type than native maize, which is planted in 70% of the area cultivated with maize in the state of Guerrero. The 'HV-240' is characterized by a wide adaptation, a biological cycle of 125 days on average, with 64 days to male and female flowering, plant height of 250 to 270 cm, reason why it shows greater resistance to bending, and grain yield from 5 to 6.5 t ha⁻¹.

* Recibido: julio de 2017
Aceptado: agosto de 2017

Palabras clave: *Zea mays* L., calidad de grano, genética, germoplasma, rendimiento.

Los vestigios más antiguos (8 700 años AP) del maíz se encontraron en el Valle de Iguala, Guerrero, específicamente en el refugio de Xihuatotla en la comunidad de Tlaxmalac donde se hicieron exploraciones, porque todo indicaba que en la Cuenca el Balsas se ubica la mayor diversidad de poblaciones del Teocintle, *Zea mays ppparviglumis*, reconocido como el ancestro directo del maíz (Hastorf, 2009) y la de *tripsacum*, el otro ancestro del maíz, reconocido. Además, en el estado se han detectado 22 razas de maíz nativo que lo ubican como parte del centro de origen y centro de diversidad genética (Hernández y Alanís, 1970; Sánchez *et al.*, 2000).

En regiones de altitud intermedia (1 200 a 1 700 m) es factible sembrar los materiales nativos con algún nivel de mejoramiento, principalmente en valles y tierras de lomeríos ligeros; mientras que en los terrenos de lomeríos con mayor pendiente y suelos delgados la mejor opción sigue siendo el uso de las poblaciones nativas (Gómez *et al.*, 1988). Atendiendo la problemática de la montaña baja, el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP-Guerrero, inició en 1985 el proceso de obtención de nuevos materiales que incluyeron germoplasma nativo. Entre otras actividades se combinaron maíces nativos con maíces mejorados de amplia adaptación, generándose una serie de híbridos varietales con mayor potencial genético, mejores características agronómicas y con muy buena adaptación a los ambientes de potencial medio de la región semicálida.

Específicamente esta investigación inició con la evaluación de las poblaciones nativas mejoradas de origen subtropical trabajadas en Iguala que se cruzaron con poblaciones tropicales mejoradas en proceso de adaptación a Valles Altos por un período de diez años. Para tal fin se conformaron dos grupos de variedades, el primero lo integraron tres variedades nativas mejoradas adaptadas a la montaña de Guerrero que se usaron como progenitores masculinos, el complejo interracial subtropical (CIST), formado con germoplasma de las Razas Pepitilla, Tuxpeño, Celaya y Cónico en el cual se aplicó selección recurrente de medios hermanos durante tres ciclos de selección; VE-1, obtenida del cruzamiento de V-531 con un maíz nativo de tipo semi-Ancho; VE-3, obtenida del cruzamiento de una variedad experimental tropical resistente a sequía (población integrada con germoplasma Tuxpeño, ETO, Cristalino del Caribe y Costeño Tropical) con un maíz semi-Ancho del municipio de Quechultenango, Guerrero, retrocruzado hacia el criollo.

Key words: *Zea mays* L., grain quality, genetics, germplasm, yield.

The oldest remains (8 700 years AP) of maize were found in the Iguala Valley, Guerrero, specifically in the shelter of Xihuatotla in the community of Tlaxmalac where explorations were made, because everything indicated that in the Balsas Basin is located the greatest diversity of Teocintle, *Zea mays ppparviglumis* populations, recognized as the direct ancestor of maize (Hastorf, 2009) and *tripsacum*, the other recognized ancestor of maize. In addition, 22 native maize races have been detected in the state, placing it as part of the center of origin and genetic diversity center (Hernández and Alanis, 1970; Sánchez *et al.*, 2000).

In regions of intermediate altitude (1 200 to 1 700 m) it is feasible to sow native materials with some level of improvement, mainly in valleys and lands with small hills; while on high hills grounds and thin soils and the best choice is still the use of native populations (Gómez *et al.*, 1988). In 1985, the Maize Genetic Improvement Program of INIFAP-Guerrero began the process of obtaining new materials that included native germplasm. Among other activities, native maize were combined with improved maize of wide adaptation, generating a series of varietal hybrids with greater genetic potential, better agronomic characteristics and with very good adaptation to medium potential environments of the semi-warm region.

Specifically, this research began with the evaluation of the improved native populations of subtropical origin sown in Iguala that were crossed with improved tropical populations in the adaptation process to Valles Altos for a period of ten years. For this purpose two groups of varieties were formed, the first one was composed of three improved native varieties adapted to the mountains of Guerrero that were used as masculine progenitors, the subtropical interracial complex (CIST), formed with germplasm of the Pepitilla, Tuxpeño, Celaya and Conic races in which recurrent half-sibling selection was applied during three selection cycles; VE-1, obtained from the crossing of V-531 with a semi-wide native maize; VE-3, obtained from the crossing of a drought resistant tropical experimental variety (a population integrated with Tuxpeño, ETO, Cristalino del Caribe and Costa Tropical germplasm) with a semi-broad maize from Quechultenango municipality, Guerrero, backcrossed to the native.

El segundo grupo lo integraron cuatro variedades tropicales sometidas por 10 años a un proceso de selección para adaptación a Valles Altos (2 250 m de altitud) que se usaron como progenitores femeninos en los cruzamientos; VS-521, variedad sintética obtenida por selección del compuesto V, integrado por 20 familias de hermanos completos (FHC) del Costeño Estabilizado III de colectas de Llera, Tamaulipas; VS-529, formada por la recombinación de siete líneas derivadas de las variedades VS-521 y siete de VS-524; SINT-3-HE, variedad sintética experimental integrada con ocho líneas de hoja erecta derivadas del híbrido B670; HE-1, un híbrido experimental progenitor hembra del híbrido H-516, que se llevó a generaciones avanzadas de recombinación para su estabilización genética.

Con estas siete poblaciones se generaron 12 cruza intervarietales (CI) bajo un diseño genético factorial 3*4 que, junto con sus progenitores y testigos, se evaluaron en 16 ambientes de altitud intermedia, durante los ciclos agrícolas verano-otoño de 2004 a 2008 con el propósito de identificar alguna CI de valor comercial. Con la información generada de estas evaluaciones se identificó como la mejor cruza intervarietal a VS-529*VE-1 que dio lugar al nuevo genotipo de maíz 'HV-240', el cual muestra mejores características agronómicas que las poblaciones nativas que actualmente se siembran en la montaña baja de Guerrero, se registró en 2016 ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) asignándole el número 3390-MAZ-1784-1710616/C, su caracterización se realizó en el Campo Experimental Iguala del INIFAP en los ciclos de siembra 2013-2014 y 2014-2015 otoño-invierno con base a la guía técnica de maíz (UPOV, 2009) y en el manual gráfico para la descripción varietal de maíz (Carballo y Benítez, 2003).

El híbrido comercial 'HV-240' con ciclo biológico de 125 días, tiene una altura de planta que varía de 250 a 270 cm, es tolerante al acame, tiene hojas ligeramente curvadas de color verde medio, con floración masculina y femenina a los 64 días; espiga compacta con 13 a 15 ramas laterales primarias, estigmas de color verde claro; mazorca cónica cilíndrica de buena cobertura de las brácteas, tiene 15 a 20 cm de longitud con 12 a 14 hileras rectas y 51 granos por hilera, su grano es de color blanco cremoso y textura semidentada; el aspecto de planta y mazorca se muestran en la Figura 1. Además, presenta buenas características

The second group was composed of four tropical varieties submitted for 10 years to a selection process for adaptation to Valles Altos (2 250 m altitude) that were used as female progenitors in the crossings; VS-521, synthetic variety obtained by selection of V compound, composed by 20 families of complete siblings (FHC) of the Costeño Estabilizado III of collections from Llera, Tamaulipas; VS-529, formed by the recombination of seven lines derived from the VS-521 and seven varieties of VS-524; SINT-3-HE, integrated experimental synthetic variety of eight erect leaf lines derived from B670 hybrid; HE-1, a female progenitor experimental hybrid of the H-516 hybrid, which led to advanced generations of recombination for its genetic stabilization.

With these seven populations, 12 intervarietal crosses (CI) were generated under a 3*4 factorial genetic design, which, together with its progenitors and controls, were evaluated in 16 intermediate altitude environments during the summer-autumn 2004 to 2008 cycles aiming to identify some CI of commercial value. With the information generated from these evaluations, the VS-529*VE-1 was identified as the best inter-varietal cross that gave rise to the new 'HV-240' maize genotype, which shows better agronomic characteristics than the native populations currently planted in the low mountain of Guerrero, it was registered in 2016 before the National Seed Inspection and Certification Service (SNICS), assigned with the number 3390-MAZ-1784-1710616/C, its characterization was carried out in the INIFAP's Iguala Experimental Field (UPOV, 2009) and in the graphic manual for the varietal description of maize (Carballo and Benítez, 2003).

The commercial hybrid 'HV-240' with biological cycle of 125 days, has a plant height that varies from 250 to 270 cm, is tolerant to bending, has slightly curved leaves of medium green color, with male and female flowering at 64 days; compact spike with 13 to 15 primary lateral branches, light green stigmas; cylindrical cone cob with a good coverage of the bracts, is 15 to 20 cm long with 12 to 14 straight rows and 51 grains per row, its grain is creamy white with semi-toothed texture; the appearance of plant and cob are shown in Figure 1. In addition, it shows good characteristics and properties for the production of corn and forage, and it complies with the commercial and industrial parameters for the preparation of tortillas by the traditional, nixtamal-dough-tortilla method.

y propiedades para la producción de elotes y forraje, y cumple con los parámetros comerciales e industriales para la elaboración de tortillas por el método tradicional, nixtamal-masa-tortilla.

Con respecto a la calidad del grano el híbrido intervarietal HV-240, es de grano blanco, tamaño intermedio 35.2 g, con un peso hectolítrico de 74.9 kg hL⁻¹, valor que resultó ligeramente superior al establecido por la NMX-034 (Parte 1) para maíces destinados al proceso de nixtamalización. Su endospermo es de textura dura (IF= 21% de flotantes). La aprueba de disección mostró que con excepción del porcentaje de pedicelo (1.9%), el resto de los componentes están en el intervalo aceptado por la industria de harina nixtamalizada. Los sólidos solubilizados en el nejayote fueron en promedio 4.72%, en tanto que el nixtamal retuvo cantidades de pericarpio desde 39 hasta 51% (x= 44.3%), alcanzando una humedad promedio de 46.8%. La masa registro una humedad promedio de 59.9 %, asociándose con un rendimiento de masa de 2.1 kg kg⁻¹ de maíz.

Los rendimientos promedio de tortillas fueron de 1.44 y 1.4 kg kg⁻¹ de maíz, lo cual es bueno. La humedad de las tortillas a las 2 (x= 42.2%) y 24 (x= 42.5%) horas después de elaboradas, fue muy semejantes entre ellas. En la fuerza que requirieron las tortillas para romperse (FZA), se observa que dos horas después de elaboradas, requirieron 310.5 gf y tuvieron una mayor elongación (8.7 mm), 24 h después de haber sido empacadas en bolsas de polietileno y almacenadas a 4 °C en el refrigerador la fuerza requerida se incrementó mínimamente (12.6%), y fue a las 48 h donde la dureza aumento en 28%. El tiempo de almacenamiento aumento la dureza de las tortillas y redujo la elongación o elasticidad de las tortillas de HV-240. Sus tortillas, no sufrieron cambios de color por efecto del almacenamiento, atributo que es demandado por las industrias productoras de tortillas.

El maíz 'HV-240', se adapta muy bien a las áreas semicálidas de los estados de Guerrero, Morelos, Oaxaca y Puebla, con altitudes 1 200 a 1 700 m, precipitación de 850 a más de 1 000 mm, temperatura media anual de 22 a 25 °C; se adapta a suelos de ladera no tan pronunciada y pH de 7.5 a 8.3. Los resultados obtenidos en las diferentes evaluaciones realizadas en el período de 2011 al 2015 en más de 20 ambientes de Guerrero, el 'HV-240' superó al maíz nativo 15% del rendimiento de grano, que corresponde de 600 a 800 kg ha⁻¹. Por otra parte, en los trabajos realizados en el ciclo de primavera-verano durante los años 2005 a 2009 sobre estabilidad, aptitud



Figura 1. Aspecto de planta y mazorca del 'HV-240'.
Figure 1. Appearance of plant and cob of the 'HV-240'.

Regarding to grain quality, the HV-240 intervarietal hybrid has white grains, intermediate size of 35.2 g, with a hectoliter weight of 74.9 kg hL⁻¹, a value that was slightly higher than that established by the NMX-034 (Part 1) for maize destined to the nixtamalization process. Its endosperm has hard texture (IF= 21% of floating). The dissection approval showed that with the exception of pedicel percentage (1.9%), the rest of the components are in the range accepted by the nixtamalized flour industry. The solubilized solids in the nejayote were on average 4.72%, while the nixtamal retained pericarp amounts from 39 to 51% (x= 44.3%), reaching an average humidity of 46.8%. The dough recorded an average moisture of 59.9%, associated with a dough yield of 2.1 kg kg⁻¹ maize.

The average yields of tortillas were 1.44 and 1.4 kg per kg of maize, which is good. The moisture of the tortillas at 2 (x= 42.2%) and 24 (x= 42.5%) hours after elaboration, were very similar between them. In the strength required for breaking tortillas (FZA), it is shown that two hours after processing, they required 310.5 gf and had a longer elongation (8.7 mm), 24 h after being packed in polyethylene bags and stored at 4 °C in the refrigerator, the force required was increased minimally (12.6%), and it was at 48 h where the hardness increased by 28%. The storage time increased the hardness of the tortillas and reduced the elongation or elasticity of the HV-240 tortillas. The tortillas, did not undergo color changes due to storage, an attribute that is demanded by the tortillas producing industries.

The 'HV-240' maize is very well adapted to the semi-warm areas of the states of Guerrero, Morelos, Oaxaca and Puebla, with altitudes from 1 200 to 1 700 m, precipitation from 850 to more than 1 000 mm, average annual temperature from 22 to 25 °C; is well adapted to soils of not so pronounced slopes and pH from 7.5 to 8.3. The results obtained in the

combinatoria, heterosis y comportamiento agronómico de las mejores cruzas intervarietales, se generó la información que permitió la liberación comercial del híbrido varietal VS-529*VE-1 (HV-240) (Palemón *et al.*, 2011; 2012).

Conclusiones

Para la producción de semilla certificada ‘HV-240’ se debe establecer un lote aislado en una relación hembra-macho de 6:2 o 3:1 y 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). El INIFAP pone a disposición de organizaciones de productores y microempresas, la semilla básica y registrada para su producción y comercialización posterior como semilla certificada.

Literatura citada

- Carballo, C. A. y Benítez, V. A. A. 2003. Manual gráfico para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.). SAGARPA, SNICS. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 69 p.
- Coutiño, E. B. 1993. Normas y técnicas para producir semilla certificada de variedades de maíz. Ocozocoautla, Chiapas. CECECH-CIRPAS-INIFAP. Folleto técnico núm. 7. 32 p.
- Gómez, M. N. O.; Valdivia, B. R. y Mejía, A. H. 1988. Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. *Rev. Fitotec. Mex.* 11(2):103-120.
- Hastorf, C. A. 2009. Río Balsas most likely region for maize domestication. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 106(13):4957-4958.
- Hernández, X. E. y Alanís, F. G. 1970. Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: implicaciones fitogenéticas y filogenéticas. *In: Xolocotzia. Obras de Efraín Hernández Xolocotzia. Tomo II. UACH, Chapingo, México 733-759 pp.*
- Palemón, A. F.; Gómez, M. N. O.; Castillo, G. F.; Ramírez, V. P.; Molina, G. J. D. y Miranda, C. S. 2011. Cruzas intervarietales de maíz para la región semicálida de Guerrero, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(5):745-757.

different evaluations carried out in the period from 2011 to 2015 in more than 20 environments of Guerrero, the ‘HV-240’ exceeded the native corn with 15% of grain yield, corresponding from 600 to 800 kg ha⁻¹. On the other hand, in the work performed in the spring-summer cycle from 2005 to 2009 on stability, combinatorial ability, heterosis and agronomic behavior of the best intervarietal crosses, information that allowed the commercial liberation of the VS -529*VE-1 (HV-240) varietal hybrid was generated (Palemón *et al.*, 2011; 2012).

Conclusions

For the production of ‘HV-240’ certified seed, a batch should be established in a female-male ratio of 6:2 or 3:1 and following the standards established by the National Seed Inspection and Certification Service (SNICS) regarding to isolation by distance or time (Coutiño, 1993; Vallejo *et al.*, 2008). The INIFAP makes it available to organizations of producers and micro-enterprises, the basic and registered seed for its production and later commercialization as certified seed.

End of the English version



- Palemón, A. F.; Gómez, M. N. O.; Castillo, G. F.; Ramírez, V. P.; Molina, G. J. D. y Miranda, C. S. 2012. Estabilidad de cruzas intervarietales de maíz (*Zea mays* L.) para la región semicálida de Guerrero. *Rev. Agro.* 4(2):133-145.
- 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.
- UPOV. 2009. Maíz, código upov: ZEAAA_MAY. *Zea mays* L. TG/2/7. www.upov.int Geneva, Switzerland 64p.
- 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.