

## **H 49 AE: híbrido de maíz para Valles Altos de México con androesterilidad para producción de semilla**

Alejandro Espinosa-Calderón<sup>1</sup>  
Margarita Tadeo-Robledo<sup>2§</sup>  
Benjamín Zamudio-González<sup>3</sup>  
Antonio Turrent-Fernández<sup>1</sup>  
Noel Gómez-Montiel<sup>4</sup>  
Mauro Sierra-Macías<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. (espinoale@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Ingeniería Agrícola-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucán km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. CP. 54714. <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. <sup>4</sup>Campo Experimental Iguala-INIFAP. <sup>5</sup>Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP.

§Autora para correspondencia: tadeorobledo@yahoo.com.

### **Resumen**

En México el maíz (*Zea mays* L.), es el cultivo más importante por su superficie sembrada, su consumo superior a 200 kg por persona al año, así como por el rol que juega en la economía. Cada año se importan más de 12 millones de toneladas de maíz, por lo que es urgente incrementar la producción de grano, para ello se requieren variedades mejoradas con buena productividad, como el híbrido H 49 AE, que se generó en el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Instituto Nacional del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias con sede en el Campo Experimental Valle de México, el híbrido H 49 AE, con androesterilidad en sus progenitores, resuelve el problema que se presenta en la producción de semilla híbrida de maíz, ya que limita el desespigamiento, lo que favorece mantener la calidad genética de la semilla; ahorra de 24 a 50 jornales ha<sup>-1</sup>, labor que provoca quebrantos económicos en las empresas de semillas y desaprovechamiento de semilla registrada, además limitada producción de grano, por no utilizar los mejores maíces híbridos. El rendimiento medio de H 49 AE, en la validación, en el Estado de México fue de 10 700 kg ha<sup>-1</sup>, con variación de 8.5 a 12.5 t ha<sup>-1</sup>. En promedio el comportamiento es superior en 23.7% con respecto al híbrido testigo ‘H-48’.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., androesterilidad, híbridos, rendimiento.

Recibido: agosto de 2022

Aceptado: septiembre de 2022

En México cada año se importan 12 millones de toneladas de grano de maíz (*Zea mays* L.) (Turrent, 2009), por lo que es urgente incrementar la producción y contar con variedades que presenten mayor productividad. En los Valles Altos de México, ubicados a más de 2 200 msnm, en el año 2014, se cosecharon 2 millones de ha de maíz, obteniéndose un rendimiento promedio de 2.82 t ha<sup>-1</sup> (Virgen-Vargas *et al.*, 2016). Con la aplicación de recomendaciones tecnológicas y un mayor uso de variedades mejoradas se podrían elevar los rendimientos de maíz, en 300 000 ha de Valles Altos, con humedad residual, punta de riego y buen temporal, donde el rendimiento promedio es de 3.5 t ha<sup>-1</sup> de grano de maíz, se podrían sembrar híbridos de alto rendimiento, para superar el rendimiento, llevándolo a 6 t ha<sup>-1</sup> (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2018).

Una alternativa para facilitar la producción de semilla y elevar el nivel de adopción de híbridos de maíz en los Valles Altos, es el uso de la androesterilidad génico-citoplásmica en líneas progenitoras de híbridos, con lo cual se elimina la necesidad de desespigar (Martínez-Lázaro *et al.*, 2005). Desde 1992, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), han trabajado con fuentes de esterilidad masculina, en su incorporación a los progenitores de híbridos ya existentes y en proceso de desarrollo (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Espinosa-Calderón *et al.*, 2018). Como producto de estos trabajos se formó el híbrido de maíz H 49 AE.

Este híbrido fue inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) obteniéndose el registro definitivo MAZ-1675-181115, en el año 2015, también quedó registrado ante la UPOV, el 23 de junio de 2016 con el título de obtentor número 1534, a favor del INIFAP. El H-49 AE, híbrido de tres líneas, presenta amplia adaptabilidad y se puede sembrar en altitudes de 2 000 a 2 600 m, en donde prospera el híbrido H-50 y H-48, en localidades del Estado de México, así como en estados de Puebla, Hidalgo, Michoacán y Querétaro (Espinosa *et al.*, 2003).

Cumple con los parámetros comerciales e industriales para la elaboración de tortillas por el método tradicional, nixtamal-masa-tortilla. H 49 AE, es un híbrido trilineal, de grano blanco y semidentado, con adaptación a Valles Altos. Es de ciclo intermedio, su floración masculina (espiga) aparece a los 88 días y la femenina (jilote) a los 89 días, en altitudes de 2 250 m. Llega a madurez fisiológica a los 163-165 días (Figura 1).



Figura 1. Aspecto de planta y mazorca del híbrido de maíz H-49 AE.

Se puede cortar, amogotar y posteriormente efectuar la pizca, si esta labor se hace manualmente; pero con maquinaria se puede cortar a los 177 días, con cosechadora mecánica. Su rendimiento potencial es de 12.5 t ha<sup>-1</sup>. La relevancia de la tecnología en el híbrido H 49 AE, estriba que en sus progenitores se incorporó la androesterilidad para facilitar la producción de semillas, lo que favorece mantener la calidad genética y apoya el abastecimiento de semillas, por parte de empresas semilleras y grupos de productores (Tadeo *et al.*, 2013).

El rendimiento medio del H 49 AE, en la validación en el Estado de México, fue de 10 700 kg ha<sup>-1</sup>, con variación de 8.5 a 12.5 t ha<sup>-1</sup>. En promedio, el comportamiento fue superior a 23.7% con respecto al híbrido testigo 'H-48'. Con el uso de H 49 AE se benefician los productores comerciales de maíz y hay certidumbre en la calidad de semilla es una alternativa a los híbridos H-48 y H-50, que ya tienen 20 años en el mercado (Espinosa *et al.*, 2003).

La estructura del híbrido es (M56AE x M57) x M58, en su versión androésteril y (M56FxM57) x M58, en la versión andro fértil. M56F se obtuvo de germoplasma de CIMMYT, a partir de selecciones en autofecundaciones, cruzamientos planta a planta, hermanos completos, ciclos de fraternales y autofecundaciones, hasta ubicar la línea M56F, la línea M56AE fue desarrollada en la UNAM-INIFAP, al incorporarle a la línea M56F, la androesterilidad genético citoplásmica tipo C, identificada en la UNAM con la genealogía CxP3PL7 caracterizada por su estabilidad y acción en el grupo C (Canales *et al.*, 2017).

La línea M56F fue utilizada como progenitor masculino, para cruzarse con la fuente de androesterilidad, posteriormente se efectuaron seis retrocruzas hacia la línea M56F, para desarrollar la versión de esterilidad masculina de la línea M56 AE, la cual se considera versión isogénica, cuya mantenedora es la propia línea M56F en su versión fértil. M57 es una línea que se derivó de germoplasma de CIMMYT. Es de la raza Cónico con influencia de raza Celaya, obtenida a partir de dos ciclos de hermanos completos, así como siete ciclos de autofecundación y después incrementos fraternales. M58 es una línea, derivada en el INIFAP, de la generación F2 de un material comercial de Valles Altos y avanzada por cinco ciclos de autofecundación y después incrementos fraternales.

Para garantizar la pureza genética de H-49 AE, la semilla de este híbrido trilineal y sus progenitores (tres líneas, cruza simple e híbrido trilineal); es decir, las categorías de alto registro, estos materiales deberán incrementarse en lotes aislados, de otros terrenos sembrados con maíz, separados al menos 300 m para semillas básicas (líneas) y registradas (cruza simple) y 200 m para multiplicar semillas certificadas.

Otra opción es aislar por tiempo con una diferencia de 20 días, en la fecha de siembra con respecto a otros maíces vecinos, de tal forma que no haya coincidencia de la floración del lote de producción de semilla de H-49 AE con otros lotes cercanos. Deben eliminarse las plantas fuera de tipo o enfermas, por lo menos en tres etapas, a los 25 días, a los 50 días y antes de la floración (liberación de polen).

Al momento de la cosecha puede mejorarse aún la calidad del lote de semillas, mediante la eliminación de las mazorcas fuera de tipo, mal formadas o con algún grado de pudrición o picadas. Para el refrescamiento y mantenimiento de la semilla original, del híbrido H-49 AE, la línea M56F debe incrementarse por autofecundaciones. La línea M56 AE es androestéril y conserva su

identidad combinándose con la línea M56F, la cual es su mantenedora fértil. En cambio, para las líneas M57 y M58, es necesario incrementarlas en forma fraternal o en cadena. La cruce simple hembra, versión androesteril del híbrido trilineal conserva su identidad varietal al cruzarse las líneas M56AE x M57, en forma similar la cruce simple hembra, en versión fértil del híbrido trilineal conserva su identidad varietal al cruzarse las líneas M56F x M57.

El híbrido trilineal en campo se obtiene usando la conformación (M56AE x M57) x M58. Dado que la semilla resultante es androestéril, debido a que M58 no posee capacidad restauradora, también debe incrementarse la conformación (M56F x M57) x M58, las anteriores conformaciones deben efectuarse en una proporción de 80%: 20%, con lo cual se asegura esa proporción de semilla androesteril y fértil en el híbrido comercial H-49 AE en terrenos de agricultores.

Lo anterior se logra estableciendo esta proporción en campo, en la cual se desespiga manualmente la fracción fértil, revisándose la fracción androestéril para asegurar que no haya plantas liberando polen, en la cosecha se mezclan mazorcas de hembras androestéiles y fértiles para obtener la proporción 80:20 señalada (Espinosa-Calderón *et al.*, 2009; Espinosa-Calderón *et al.*, 2018).

Las prácticas agronómicas para conservar las características que identifican al híbrido deben apegarse a las recomendaciones para producir semilla de este tipo de híbridos, desmezclar en tres oportunidades y apegarse a la descripción. El tamaño de la población para incremento de cada línea es suficiente con un mínimo de 100 plantas por incremento, para conservar las características que identifican a cada línea. Para producción de semilla híbrida debe limitarse el número de generaciones, a las cuatro establecidas, básica para la línea M58 y registrada para la cruce simple (M56AE X M57) y (M56F X M57).

La semilla de H-49 AE, puede ser producida en el ciclo agrícola primavera-verano, en el Valle de México, en localidades como Cuautitlán Izcalli, Texcoco, Zumpango, Tlaxcala, en altitudes que van de 2 100 a 2 650 m. Una ventaja en la producción de semilla de H-49 AE es que la siembra entre las cruces simples hembras (androestéril y fértil) se efectúan en forma simultánea con la línea macho M58, ya que hay completa coincidencia a floración de los estigmas de las cruces simples hembras, con la liberación del polen de la línea macho M58.

Aun cuando la línea fuente de androesterilidad ha mostrado estabilidad en su expresión en siembras realizadas desde el nivel del mar hasta 2 650 msnm (en los Campos Experimentales Cotaxtla e Iguala del INIFAP, Campo de Tlaltizapán del Centro Internacional del Maíz y Trigo (CIMMYT) y Campo Experimental Sitio Toluca), podrían presentarse contaminaciones mecánicas o plantas voluntarias, por lo cual siempre será mejor revisar los lotes de producción para mantener la calidad genética.

En la cosecha se mezclan mazorcas de hembras androestéiles y fértiles para obtener la proporción 80:20 señalada (Tadeo-Robledo *et al.*, 2018). La producción de semilla puede hacerse en el ciclo agrícola primavera-verano en el Valle de México, en localidades como Cuautitlán Izcalli, Texcoco o Zumpango, en otras regiones como el Valle de Toluca-Atlacomulco, así como en el Valle de Puebla, o localidades del estado de Tlaxcala, en altitudes que van de 2 100 a 2 650 m.

## Conclusiones

La semilla registrada de las cruzas simples hembra y básica de la línea macho, puede adquirirse en el Campo Experimental Valle de México, para incrementar semilla certificada bajo la supervisión del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

## Agradecimientos

Esta investigación fue parte del programa de apoyo a proyectos de investigación e innovación tecnológica. PAPIIT: IT201618. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM.

## Literatura citada

- Canales, I. E. I.; Tadeo, R. M.; Mejía, C. J. A.; García, Z. J. J. y Espinosa, C. A. 2017. Semilla fértil y androestéril de maíz bajo diferentes densidades de población. *Ecosist. Rec. Agropec.* 4(12):465-473.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Lothrop, J.; Azpíroz, R. H. S.; Martínez, M. R.; Pérez, C. J. P.; Tut, C. C.; Bonilla, B. J.; María, A. M. y Salinas, M. Y. 2003. H-48 nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del Centro de México. *Agric. Téc. Méx.* 29(1):85-87.
- Espinosa-Calderón, A.; Tadeo-Robledo, M.; Sierra-Macías, M.; Turrent-Fernández, A.; Valdivia-Bernal, R.; Zamudio-González, B. 2009. Rendimiento de híbridos de maíz bajo diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en México. *Agron. Mesoam.* 20(2):211-216.
- Espinosa-Calderón, A.; Tadeo-Robledo, M.; Zamudio-González, B.; Virgen-Vargas, J.; Turrent-Fernández, A.; Rojas-Martínez, I.; Gómez-Montiel, N. O.; Sierra-Macías, M.; López-López, C.; Palafox-Caballero, A.; Vázquez-Carrillo, G.; Rodríguez-Montalvo, F.; Canales-Islas, E. I.; Zaragoza-Esparza, J. A.; Martínez-Yañez, B.; Valdivia-Bernal, R.; Cárdenas-Marcelo, A. L.; Mora-García, K. Y.; Martínez-Núñez, B. 2018. H-47 AE, híbrido de maíz para Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 41(1):87-89.
- Martínez-Lázaro, C.; Mendoza-Onofre, L. E.; García-Santos, S. G.; Mendoza-Castillo, M. C.; Martínez-Garza, A. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androestéiles y androestéiles-isogénicas y su respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(2):127-133.
- Martínez-Gutiérrez, A.; Zamudio-González, B.; Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; Cardoso-Galvão, J. C.; Vázquez-Carrillo, G.; Turrent-Fernández, A. 2018. Rendimiento de híbridos de maíz grano blanco en cinco localidades de Valles Altos de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 9(7):1447-1458.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Trejo, P. V.; Arteaga, E. I.; Canales, I. E.; Turrent, F. A.; Sierra, M. M.; Valdivia, B. R.; Gómez, M. N. O.; Palafox, C. A. y Zamudio, G. B. 2013. Eliminación de espiga y hojas en progenitores androestéiles y fértiles de los híbridos trilineales de maíz 'H-47' y 'H-49'. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(3):245-250.
- Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; García-Zavala, J. J.; Lobato-Ortiz, R.; Gómez-Montiel, N. O.; Sierra-Macías, M.; Valdivia-Bernal, R.; Zamudio-González, B.; Martínez-Yañez, B.; López-López, C.; Mora-García, K. Y.; Canales-Islas, E. I.; Cárdenas-Marcelo, A. L.; Zaragoza-Esparza, J.; Alcántar-Lugo, H. J. 2016. Tsiri Puma, híbrido de maíz para Valles Altos con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Rev. Fitotec. Mex.* 39(3):331-333.

- Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; García-Zavala, J. J.; Lobato-Ortiz, R.; Gómez-Montiel, N. O.; Sierra-Macías, M.; Valdivia-Bernal, R.; Turrent-Fernández, A.; Zamudio-González, B. 2018. Productivity of three maize hybrids under different proportions of male sterile and fertile seeds. *Interciencia*. 43(12):852-857.
- Turrent, F. A. 2009. El potencial productivo de maíz. *Rev. Ciencias*. 92:126-129.
- Virgen-Vargas, J.; Zepeda-Bautista, R.; Ávila-Perches, M. Á.; Rojas-Martínez, I.; Espinosa-Calderón, A.; Gámez-Vázquez, J. 2016. Desespigamiento en cruces simples progenitoras de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para Valles Altos de México. *Agrociencia*. 50(1):43-59.