

## Atziri Puma: híbrido de maíz de grano blanco para Valles Altos de México

Margarita Tadeo Robledo<sup>1</sup>  
Alejandro Espinosa Calderón<sup>2§</sup>  
Enrique Canales Islas<sup>1</sup>  
Consuelo López López<sup>1</sup>  
Pablo Andrés Meza<sup>3</sup>  
Benjamín Zamudio González<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería Agrícola-Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucán km 2.5, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México. CP. 54714. (tadeorobledo@yahoo.com; enrique1784@yahoo.com.mx; lopez8con@gmail.com). <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, México. CP. 56250. <sup>3</sup>Universidad Veracruzana. (pandres272@gmail.com). <sup>4</sup>Sitio Experimental Toluca-INIFAP. (bzamudiog@yahoo.com.mx).

Autor para correspondencia: espinoale@yahoo.com.mx.

### Resumen

México importó 18 millones de toneladas de maíz de grano amarillo, en los dos últimos años. Es el mayor importador mundial. Por su importancia en la economía y la alimentación, conviene lograr la suficiencia y soberanía alimentaria en maíz. Es urgente incrementar la producción, por lo que se requieren variedades mejoradas públicas de maíz, con buena productividad. El híbrido Atziri Puma se generó en el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, con la colaboración de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México. Es un híbrido trilineal, con androesterilidad tipo C y restauración de la fertilidad. Resuelve el problema en la producción de semilla híbrida de maíz, de eliminar espigas de las plantas hembra. Favorece la calidad genética de la semilla y ahorra de 24 a 50 jornales ha<sup>-1</sup>. Este híbrido es el primero con restauración de la fertilidad en 79 años de investigación pública en México. Es de ciclo intermedio, su floración masculina (espiga) aparece a los 86 días y la femenina (jilote) a los 88 días, en altitudes de 2 250 m. Llega a madurez fisiológica a los 164-167 días. Se puede cortar y posteriormente efectuar la pizca, si esta labor se hace manualmente, en cambio con maquinaria se puede trillar a los 179 días. Su rendimiento medio es de 10.5 t ha<sup>-1</sup>. Atziri Puma se recomienda para Valles Altos de México (2 200 a 2 600 msnm).

**Palabras clave:** *Zea mays* L., androesterilidad, producción de semillas, restauración de fertilidad.

Recibido: septiembre de 2022

Aceptado: octubre de 2022

México es el país que más importó maíz, con 18 millones de toneladas, los dos últimos años, este cultivo es el más importante por su superficie sembrada, y consumo superior a 200 kg por persona (López *et al.*, 2021). Por la importancia en la economía y la alimentación, es necesario lograr la suficiencia y soberanía alimentaria. Es urgente incrementar la producción de grano, para lo cual se requieren variedades mejoradas públicas con buena productividad (Luna *et al.*, 2012; Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2018).

En los Valles Altos de México, ubicados de 2 200 a 2 600 msnm, en el año 2014 se cosecharon más de dos millones de hectáreas de maíz, con 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, que superarían el rendimiento llevándolo a 6 t ha<sup>-1</sup> (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2018).

Para facilitar la producción de semilla, así como apoyar el nivel de adopción de híbridos de maíz en los Valles Altos, la androesterilidad, génico-citoplásmica, tipo C, al incorporarse en líneas progenitoras de híbridos, evita la necesidad de eliminar las espigas de las plantas hembras en el proceso de producción de semilla (Martínez-Lázaro *et al.*, 2005; Tadeo-Robledo *et al.* (2018b), por lo anterior, desde 1992, investigadores la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FES-UNAM) y del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) han trabajado con fuentes de esterilidad masculina, así como utilizando la restauración de la fertilidad incorporándola a los progenitores de híbridos ya existentes y en proceso de desarrollo (Tadeo-Robledo *et al.*, 2016; Tadeo-Robledo *et al.*, 2018a).

Como producto de estos trabajos se obtuvo el híbrido trilineal de maíz Atziri Puma, cuyos progenitores se desarrollaron con el método genotécnico genealógico o de pedigrí (líneas IA424F, IA249, IA449RMIA44) y la línea IA424 AEC se obtuvo por retrocruzamientos manuales para incorporar la fuente de androesterilidad tipo 'C', a la línea IA424F y otros ciclos de retrocruzas para lograr la versión isogénica de la línea, con características de androesterilidad (IA424 AEC). Este híbrido fue inscrito en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) obteniéndose el registro definitivo 3478-MAZ-1827-210617/C, en el año 2017, también quedó registrado ante la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV), el 27 de marzo de 2019 con el título de obtentor número 2134, a favor de la UNAM.

Atziri Puma, es un híbrido trilineal, de grano blanco y semidentado, de ciclo intermedio, floración masculina (espiga) a los 86 días y la femenina (jilote) a los 88 días después de la siembra, en altitudes de 2 250 m. Llega a madurez fisiológica a los 164-167 días. Se puede cortar y posteriormente pizar, manualmente, en cambio con maquinaria se puede cortar a los 179 días, con cosechadora mecánica. La fecha de siembra en altitudes del Valle de México es del 15 de marzo al 20 de abril. Su rendimiento en experimentos llevados a cabo en Cuautitlán (FESC, UNAM), CEVAMEX e Ixtlahuaca, fue de 10.5 t ha<sup>-1</sup> (Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2018).

La tecnología en el híbrido Atziri Puma, considera que el progenitor IA424F, es la versión fértil mantenedora de la línea isogénica IA424 AEC, que es androestéril génico citoplásmica, tipo C, esta línea se combina con la línea macho de la hembra IA249, para tener la cruce simple

(IA424AECXIA249), la cual se combina con la línea macho IA449RMIA44, con capacidad restauradora de la fertilidad. De esta manera se obtiene el híbrido trilíneal (IA424AECXIA249) X IA449RMIA44, el cual es fértil 100%.

La esterilidad en la línea hembra y el macho restaurador de la fertilidad masculina facilita la producción de semillas, que favorece mantener la calidad genética y apoya el abastecimiento de semillas, por parte de empresas semilleras y grupos de productores (Tadeo-Robledo *et al.*, 2018a).

En Cuautitlán, FESC-UNAM, CEVAMEX e Ixtlahuaca, Estado de México el rendimiento medio de Atziri Puma fue de 11 400 kg ha<sup>-1</sup>, con variación de 8.5 a 13 t ha<sup>-1</sup>, en promedio el comportamiento es superior en 25% con respecto al híbrido testigo 'H-48', segundo de mayor uso en Valles Altos del Estado de México. Con el uso de Atziri Puma se podrían beneficiar los productores comerciales de maíz, que utilizan H 48, el cual tiene 24 años en el mercado (Espinosa *et al.*, 2003; Martínez-Gutiérrez *et al.*, 2018) (Figura 1).



**Figura 1. Aspecto de planta y mazorca del híbrido de maíz Atziri Puma.**

La estructura del híbrido es (IA424 AEC X. IA249 X IA449RMIA44), en su cruza simple, se emplea la cruza simple androestéril (IA424 AEC X. IA249), en la cual la línea IA424, AEC androestéril, tiene su versión isogénica fértil IA424 F: La línea A424F, se obtuvo de un compuesto de amplia base genética, con el método genealógico de pedigrí, a partir de selecciones en autofecundaciones, cruzamientos planta a planta, autofecundaciones y ciclos de avance fraternal, hasta la línea IA424F; la línea IA424 AEC fue desarrollada en la UNAM, al incorporarle a la línea IA424 F, la androesterilidad genético citoplásmica, tipo C, identificada y propiedad de la UNAM con la genealogía CxP3PL7, caracterizada por su estabilidad y acción en el grupo C, IA424F fue utilizada como progenitor masculino, para cruzarse con la androesterilidad, después se efectuaron seis retrocruzas hacia la línea IA424F, para contarse con la versión de esterilidad masculina de la línea IA424AEC, la cual es la versión isogénica, cuya mantenedora es la propia línea IA424F en su versión fértil. IA249 es una línea de la Raza Cónico-derivada y avanzada en la UNAM, a través del método genealógico de pedigrí, a partir de F2 de un híbrido obtenido en la UNAM.

La línea IA449RMIA44 fue obtenida por pedigrí, derivada y avanzada de la cruza de la línea IA449, ya registrada por la UNAM, la cual se cruzó con la línea MIA44, con el carácter de capacidad de restauración de la fertilidad masculina, propiedad de la propia UNAM, después de verificarse la capacidad restauradora se obtuvieron dos ciclos de recombinación fraternales posteriormente se avanzó seis ciclos de autofecundación.

Para garantizar la pureza genética de Atziri Puma, la semilla de este híbrido trilineal y sus progenitores (tres líneas, cruza simple e híbrido trilineal); es decir, las categorías de alto registro, 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 Atziri Puma, con otros lotes cercanos (SNICS, 2021).

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, eliminando 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 Atziri Puma, la línea IA424F debe incrementarse por autofecundaciones.

La línea IA424AEC es androestéril y conserva su identidad combinándose con la línea IA424F, la cual es su mantenedora isogénica fértil. La línea IA249 es necesario incrementarla a través de autofecundaciones o en forma fraternal. La línea IA449RMIA44 debe incrementarse por cruzamientos fraternales o en cadena. La cruza simple hembra, versión androestéril del híbrido trilineal conserva su identidad varietal al cruzarse las líneas IA424AEC X IA249. El híbrido trilineal en campo se obtiene usando la conformación (IA424AEC X IA249) X IA449RMIA44, dado que la línea IA449RMIA44 posee capacidad restauradora de la fertilidad masculina, la semilla resultante es el híbrido trilineal con fertilidad completa, no requiriéndose ninguna otra versión ni mezclas de semilla androestéril y fértil.

El híbrido Atziri Puma final es fértil 100% (Tadeo-Robledo *et al.*, 2018b). 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, apegarse a la descripción. Para incremento de cada línea se requieren un mínimo de 100 plantas, para conservar las características que identifican a cada línea. Conviene en producción de semilla híbrida emplear las categorías establecidas, básica para la línea IA449RMIA44 y registrada para la cruza simple (IA424AEC X IA249).

## Conclusiones

El híbrido de maíz Atziri Puma superó el rendimiento al H 48, híbrido comercial en uso, por lo que podría emplearse en Valles Altos de México (2 200 a 2 600 msnm).

## Agradecimientos

Esta investigación fue parte del programa de apoyo a proyectos de investigación e innovación tecnológica PAPIIT: IT201618, UNAM.

## Literatura citada

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.

- López-López, C.; Tadeo-Robledo, M.; García-Zavala, J.J.; Espinosa-Calderón, A.; Mejía-Contreras, J. A. 2021. Aptitud combinatoria general y específica de híbridos varietales de maíz amarillo de baja endogamia. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 12(4):699-711. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2786>.
- Luna, M. B. M.; Hinojosa, R. M. A.; Ayala, G. O. J.; Castillo, G. F. y Mejía, C. J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(1):1-7.
- 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 androestériles y androestériles-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.* 7(9):1447-1458.
- SNICS. 2021. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Regla para la calificación de semillas maíz (*Zea mays* L.). 44 p. file:///D:/Usuarios/alejandro.espinosa/Downloads/Maiz-Reglas-Tecnicas.020721.pdf.
- 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.; López-López, C.; Canales-Islas, E. I.; Zaragoza-Esparza, J.; Sierra-Macías, M.; Gómez-Montiel, N. 2018a. Atziri Puma y Tlaoli Puma nuevos híbridos de maíz blanco con restauración de la fertilidad masculina en la producción de semilla. *Acta Fitogenética.* 1(5):85-85.
- 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. 2018b. Productivity of three maize hybrids under different proportions of male sterile and fertile seeds. *Interciencia.* 12(43):852-857.
- Virgen-Vargas, J.; Zepeda-Bautista, R.; Ávila-Perches, M. Á.; Rojas-Martínez, I.; Espinosa-Calderón, A.; Gámez-Vázquez, J. 2016. Desespigamiento en cruza simple progenitoras de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) Para Valles Altos de México. *Agrociencia.* 50(1):43-59.