



H-303 ZAHIE, HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ DE GRANO AZUL ADAPTADO A REGIONES SUBTROPICALES DE MÉXICO

H-303 ZAHIE, THREE-WAY BLUE KERNEL HYBRID ADAPTED TO SUBTROPICAL REGIONS OF MEXICO

Ricardo Ernesto Preciado-Ortiz^{1*}, María Gricelda Vázquez-Carrillo² y Arturo Daniel Terrón-Ibarra¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México. ²INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Laboratorio Nacional de Calidad de Maíz, Texcoco, Estado de México, México.

*Autor de correspondencia (preciado.ernesto@inifap.gob.mx; repreciado@yahoo.com)

México cuenta con una gran diversidad genética de maíz (*Zea mays* L.) representada por maíces nativos con adaptación, color, textura y sabor, entre muchas otras características diferenciadas. Esta gran diversidad constituye una oportunidad para la generación de maíces especializados con mayor valor agregado, que pueden tener impacto en la alimentación y salud humana, pecuaria y en la industria de transformación. El color del grano es una de las características que representan esta diversidad, con tonalidades que van desde el negro hasta el rosa pálido, pasando por los colores rojo y azul/morado, que son los más comunes (Salinas *et al.*, 2010). El maíz pigmentado (o de color) tradicionalmente se emplea como ingrediente para diversos platillos típicos. Los pigmentos presentes en el maíz tienen potencial para ser utilizados con fines de investigación en áreas de la salud, nutrición, industria de alimentos y cosméticos (Urias-Peraldi *et al.*, 2013). Los compuestos responsables de los colores en el grano de maíz son las antocianinas, las cuales poseen capacidad antioxidante, anti-mutagénica y anticancerígena, que se han relacionado con la prevención de ciertas enfermedades del sistema circulatorio y diversos tipos de cáncer, en particular del sistema digestivo (López-Martínez *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2009). Salinas *et al.* (2012) informaron que en poblaciones de maíz de grano azul los pigmentos se localizan en la capa de aleurona, en tanto que en los maíces granate/rojo el pigmento está localizado principalmente en el pericarpio y, en los maíces magenta se encuentran en ambas estructuras (pericarpio y capa de aleurona).

En México los maíces pigmentados (excepto blancos y amarillos) tienen una gran oportunidad de mercado tanto por sus características culinarias (color, textura y sabor) como por su amplio uso en la elaboración de platillos típicos. Estas cualidades confieren un valor agregado al maíz azul, que recibe un sobreprecio aproximado de 10 a

15 % con respecto al maíz blanco (Hellin *et al.*, 2013).

Los maíces pigmentados utilizados actualmente por los productores son variedades nativas que en su mayoría presentan desventajas agronómicas como bajo potencial de rendimiento; excesiva altura de planta y tallos débiles, que los hace susceptibles al acame; baja respuesta a insumos, lo que limita la posibilidad de obtener mayores rendimientos mediante un manejo agronómico intensivo en regiones de alto potencial productivo. Los maíces nativos pigmentados presentan una gran heterogeneidad en sus características de calidad (Vázquez *et al.*, 2023), por lo que es necesario desarrollar variedades mejoradas más uniformes que respondan a las necesidades de agricultores, procesadores y consumidores.

En este contexto, el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP, ubicado en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), ofrece a los productores de regiones subtropicales el híbrido H-303 Zahie como alternativa de mayor valor agregado para incrementar la productividad y contribuir a satisfacer la creciente demanda de maíces diferenciados en el país. Este nuevo híbrido de grano azul representa una alternativa para diversas industrias alimentarias de México y puede ser utilizado en la elaboración de alimentos y platillos típicos. Por su menor altura y mayor uniformidad en comparación con algunos maíces nativos con un tipo de grano similar, puede ser sembrado bajo sistemas intensivos de producción. El híbrido H-303 Zahie se adapta al ciclo primavera verano (P-V) bajo condiciones de riego y buen temporal en diversas regiones subtropicales de México con alturas sobre el nivel del mar entre 1000 y 2000 m. El rendimiento promedio del H-303 Zahie fue de 9 t ha⁻¹ en 10 ambientes de Guanajuato y Michoacán, México.

Las líneas endogámicas LBAZ 01, LBAZ 02 y LBAZ

03, que forman el H-303 Zahie, fueron generadas por el Programa de Maíz del INIFAP en el Bajío, a través del método genealógico, que implica cruzamientos, selección y avance endogámico. El germoplasma involucrado en la formación de las líneas parentales que componen el H-303 Zahie incluye maíces nativos de grano pigmentado originarios del estado de Guanajuato de las razas Elotes Cónicos, Cónico Norteño y Cónico Norteño × Tablilla de Ocho, que fueron cruzados por materiales mejorados de grano blanco adaptados a regiones subtropicales. Las líneas endogámicas se formaron por medio de autofecundaciones y el color se fijó a través de selección de las semillas pigmentadas segregantes. Con las líneas agrónomicamente superiores se realizó una serie de cruzamientos para identificar combinaciones que presentaran mayor rendimiento, adaptación y desempeño agronómico.

El H-303 Zahie es un híbrido trilineal formado por el progenitor femenino LBAZ 01 × LBAZ 02, y como progenitor masculino la línea LBAZ 03 (Cuadro 1).

El H-303 Zahie se caracteriza por tener un buen potencial de rendimiento de grano, tolerancia al acame, buena cobertura, porte de planta y mazorca intermedios, ciclo de madurez intermedia, estigmas con pigmentación antociánica intermedia, espiga alargada con pocas ramas laterales primarias y ausencia de ramas secundarias, mazorcas sanas de tamaño intermedio con 14 a 16 hileras de granos, en color azul y forma de la corona hendida. La caracterización de los progenitores y del híbrido H-303

Zahie se realizó durante dos ciclos homólogos (P-V 2019 y P-V 2020) en terrenos del CEBAJ ubicado en Celaya, Guanajuato, México, apegándose al formato para el cultivo de maíz del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2014).

El H-303 Zahie fue inscrito en el año 2022 en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) ante el SNICS con el número de registro definitivo MAZ-2471-081122. El título de obtentor fue otorgado por el Registro Nacional Agropecuario de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural con número 3113.

El híbrido H-303 Zahie puede ser sembrado por productores agrícolas como una alternativa para incrementar sus ingresos, como materia prima para la elaboración de alimentos tradicionales e industrializados; asimismo, constituye una oportunidad para empresas productoras de semillas regionales y nacionales para su producción, comercialización y difusión.

Para conservar la identidad varietal de la semilla con categoría original de las tres líneas que componen este híbrido, se requiere de la polinización manual a través de autofecundaciones y cruzamientos fraternales. La semilla con categoría básica, además de polinizaciones manuales, se puede incrementar a través de lotes aislados. La semilla registrada del progenitor femenino (LBAZ 01 × LBAZ 02) y la semilla certificada del híbrido H-303 Zahie deben formarse en lotes aislados con desespigamiento del progenitor hembra.

Cuadro 1. Denominación, genealogía y obtentor de los progenitores que componen el híbrido H-303 Zahie de grano azul.

	Parental A	Parental B	Parental C
Denominación	LBAZ 01	LBAZ 02	LBAZ 03
Genealogía	(HCB2×CCEC) 4-1-3-1)	(HCB8×CNCN) 1-1-1	(HCB4×CNCNXT8) 3-2-1
Obtentor	INIFAP	INIFAP	INIFAP

Cuadro 2. Variables físicas y de nixtamalización del híbrido H-303 Zahie evaluado en cuatro ambientes del subtrópico de México (P-V 2016).

Híbrido	Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)	Peso de 100 granos (g)	Índice de flotación (IF)	Dureza ⁺	Pérdida materia seca	Pericarpio remanente (%)	Humedad nixtamal
H 303 Zahie	74.6-79.0	31.2-37.2	31.0-37.0	D	3.5-4.1	30.0-56.5	43.5-46.9
H-377	74.0-79.4	26.4-45.0	6.0-22.0	MD-D	3.3	42.9	49.5
NMX ^{††}	> 61	-	15.0-50.0		< 5.0	25.0-35.0	45.0-50.0

[†]Si IF = 0-12: muy duro (MD), 13-37: duro (D). Los intervalos incluyen valores de los cuatro ambientes. ^{††}Norma Oficial Mexicana NMX-034/1-SCFI-2020 (SE, 2020).

En el Cuadro 2 y Figura 1 se describen variables de calidad física y de nixtamalización de grano del H-303 Zahie, comparadas con el testigo H-377 de grano blanco mediante los valores establecidos en la Norma Mexicana NMX-034/1-SCFI-2020, que incluye especificaciones para maíz blanco, amarillo y azul (SE, 2020). En el Cuadro 3 se consignan algunas propiedades bioquímicas del grano y la

tortilla del híbrido de maíz H303 Zahie.

Existe disponibilidad de semilla básica del progenitor masculino (LBAZ 03) y semilla registrada del progenitor femenino (LBAZ 01 × LBAZ 02) para producir semilla certificada del híbrido H-303 Zahie, previa solicitud al INIFAP.

Cuadro 3. Valores bioquímicos y de nixtamalización del híbrido H-303 Zahie.

Variable	Grano	Tortilla
Proteína (%)	9.8 ± 0.8*	9.7 ± 0.4
Extracto etéreo (%)	4.19 ± 0.12	4.00 ± 0.32
Antocianinas (mg EC 100 kg ⁻¹)	167.30 ± 0.39	111.80 ± 0.45
Fenoles totales (mg EAF 100 kg ⁻¹)	2006.5 ± 2.5	2014.8 ± 9.2
Humedad (%)		46.0 ± 2.3
Rendimiento (kg kg ⁻¹ de maíz)		1.6 ± 0.1
Fuerza de ruptura (gf)		154.0 ± 37.6
Elongación (mm)		6.7 ± 0.2

*Desviación estándar, EC: Equivalentes de cianidina, EAF equivalentes de ácido ferúlico.



Figura 1. Aspecto de planta, mazorca, grano y tortilla del híbrido de maíz H-303 Zahie.

BIBLIOGRAFÍA

- Hellin J., A. Keleman, D. López, L. Donnet y D. Flores (2013) La importancia de los nichos de mercado. Un estudio de caso del maíz azul y del maíz para pozole en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 6:315-328, <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3-S3-A.315>
- López-Martínez L. X., R. M. Oliart-Ros, G. Valerio-Alfaro, C. H. Lee, K. L. Parkin and H. S. Garcia (2009) Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT – Food Science and Technology* 42:1187-1192, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.010>
- Salinas M. Y., J. Soria R. y E. Espinosa T. (2010) Aprovechamiento y distribución de maíz azul en el Estado de México. Folleto Técnico No. 42. Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, Estado de México. 52 p, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36398.82241>
- Salinas M. Y., F. J. Cruz C., S. A. Díaz O. y F. Castillo G. (2012) Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 351:33-41, <https://doi.org/10.35196/rfm.2012.1.33>
- SE, Secretaría de Economía (2020) NMX-FF-034/1-SCFI-2020. Non industrialized food products for human consumption—Cereals—Part 1: Corn for tortillas and nixtamalized corn products—Specifications and test methods. Dirección General de Normas. Mexico City, Mexico. 42 p.
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2014) Guía Técnica para la Descripción Varietal de Maíz (*Zea mays* L.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Tlalneantla, Estado de México, México. 42 p.
- Urias-Peraldi M., J. A. Gutiérrez-Urbe, R. E. Preciado-Ortiz, A. S. Cruz-Morales, S. O. Serna-Saldívar and S. García-Lara (2013) Nutraceutical profile of improved blue maize (*Zea mays*) hybrids for subtropical regions. *Field Crops Research* 141:69-76, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.008>
- Vázquez C. M. G., R. E. Preciado O., S. H. Guzmán M. y N. Palacios R. (2023) Maíces de Especialidad para el Subtrópico de México. Libro Técnico No. 5. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ciudad de México. 99 p.
- Zhao X., C. Zhang, Y. Ma, M. Corrales, B. Tauscher and X. Hu (2009) Composition, antimicrobial activity, and antiproliferative capacity of anthocyanin extracts of purple corn (*Zea mays* L.) from China. *European Food Research and Technology* 228:759-765, <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0987-7>