Rev. Fitotec. Mex. Vol. 48 (2): 205-208, 2025

H-304 R, HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ DE GRANO ROJO ADAPTADO A REGIONES SUBTROPICALES DE MÉXICO

H-304 R, THREE-WAY RED-KERNEL MAIZE HYBRID ADAPTED TO SUBTROPICAL REGIONS OF MEXICO

Ricardo Ernesto Preciado-Ortiz[1]*, María Gricelda Vázquez-Carrillo[2] y Arturo Daniel Terrón-Ibarra[1]

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

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

México cuenta con amplia diversidad genética de maíz (*Zea mays* L.), una de las características que presenta esta diversidad es el color del grano, con una gama de tonalidades, que van desde el negro, azul, morado y rojo, que son los más comunes (Salinas *et al*., 2010), hasta el salmón y rosa pálido. Los compuestos responsables de los colores en los granos son las antocianinas, las cuales poseen capacidad antioxidante, antimutagénica y anticancerígena (López-Martínez *et al*., 2009; Zhao *et al*., 2009). Salinas *et al*. (2012; 2013) 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 y rojo el pigmento está localizado principalmente en el pericarpio; en los maíces magenta se encuentra en ambas estructuras (pericarpio y capa de aleurona).

Los maíces pigmentados utilizados actualmente por los productores son variedades de tipo criollo que, en algunos casos, presentan desventajas agronómicas como bajo potencial de rendimiento, excesiva altura de planta y tallos débiles, que los hace susceptibles al acame y baja respuesta a la utilización de insumos, lo que limita la posibilidad de obtener mayores rendimientos mediante un manejo agronómico intensivo en regiones de alto potencial productivo. Adicionalmente, presentan una gran heterogeneidad en sus características de calidad (Vázquez *et al*., 2023), por lo que el desarrollo de maíces mejorados puede contribuir a satisfacer las necesidades de agricultores, procesadores y consumidores. Por otro lado, los maíces diferenciados por su valor agregado constituyen una oportunidad para incrementar los ingresos de los agricultores maiceros. En este contexto, el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), con sede en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), pone a disposición de los productores de maíz, consumidores e industriales el nuevo híbrido de grano rojo H-304 R.

El H-304 R constituye una opción de maíz diferenciado para que los productores de México compitan en el ámbito internacional con la generación de productos de valor agregado que permitan hacer más redituable la producción de maíz. Los maíces pigmentados, además de ser utilizados en la elaboración de alimentos y platillos típicos, también son una alternativa para diversas industrias alimentarias de México.

Las líneas endogámicas progenitoras del H-304 R, (con cinco autofecundaciones) fueron desarrolladas en el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP-CEBAJ. El germoplasma involucrado en estas líneas contiene maíces nativos de grano pigmentado de las razas Elotes Cónicos × Pepitilla y Elotes Cónicos, originarios de Guanajuato, México, que fueron cruzados con materiales mejorados de grano blanco adaptados a regiones subtropicales. Se utilizó el método genealógico, que involucra cruzamientos, selección y avance endogámico. El color de las líneas endogámicas se fijó a través de selección de las semillas pigmentadas segregantes. Con las líneas agronómicamente superiores se realizó una serie de cruzamientos entre ellas para identificar, a través de la evaluación en campo, las combinaciones híbridas que presentaran mayor rendimiento, mejor adaptación y desempeño agronómico.

El H-304 R se adapta en regiones subtropicales de México con alturas sobre el nivel del mar entre 1000 y 2000 metros, en el ciclo Primavera-Verano (P-V), bajo condiciones de riego y buen temporal. Por su menor altura y mayor uniformidad, puede ser sembrado bajo sistemas de producción más intensivos, en comparación con algunos maíces nativos de grano similar.

H-304 R presentó un promedio de rendimiento de 10.5 t ha^{-1} en ambientes de Guanajuato y Michoacán, México,

Recibido: 28 de abril de 2024
Aceptado: 06 de marzo de 2025

DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2025.2.205

es de ciclo intermedio, estigmas carentes de antocianinas, espiga muy larga, ramas laterales primarias moderadas y presencia ocasional de ramas laterales secundarias; presenta mazorcas sanas de tamaño mediano, con 14 a 16 hileras de granos, en color rojo obscuro y forma de la corona convexa.

La caracterización del H-304 R y sus progenitores se realizó durante dos ciclos homólogos (P-V 2019 y P-V 2020) dentro del INIFAP-CEBAJ, en Celaya, Guanajuato, México, de acuerdo con el formato para el cultivo de maíz publicado por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2014).

El H-304 R fue inscrito en el año 2022 en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) ante el SNICS con la inscripción definitiva MAZ-2473-081122. El título de obtentor fue otorgado en el año 2023 por el Registro Nacional Agropecuario de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural con el número 3117.

El H-304 R es un híbrido de cruza trilineal que está formado por la cruza simple LBR 01 × LBR 02 utilizada como progenitor femenino, y la línea LBR 03 como progenitor masculino. En el Cuadro 1 se describe la información correspondiente a los progenitores del H-304 R.

Para conservar la identidad varietal de la semilla con categoría original de las tres líneas que componen este híbrido se requiere de polinización manual a través de cruzamientos fraternales. La semilla con categoría básica se puede incrementar, además de polinizaciones manuales, a través de lotes aislados. Para la formación de semilla registrada, en el caso del progenitor femenino (LBR 01 × LBR 02), se requiere de un lote aislado de desespigamiento. Finalmente, la semilla certificada del H-304 R se forma a través de un lote aislado de desespigamiento. Todos los lotes aislados mencionados deben cumplir con las especificaciones de aislamiento en espacio o tiempo requeridos, para conservar la identidad varietal del híbrido y de sus progenitores. Empresas productoras de semilla, interesadas en su multiplicación pueden adquirir los progenitores de este híbrido previa solicitud al INIFAP.

El color rojo del H-304 R se debe a la presencia de pigmento en pericarpio y, en el 56 % de sus granos en la capa de aleurona (característica conferida por el Parental B de color azul). Los granos de tono oscuro presentan pigmento en ambas estructuras, los de color más claro solamente en el pericarpio (Figura 1). En tortillas elaboradas con el H-304 R se registró pérdida de fenoles y antocianinas ligeramente superior a las del híbrido azul H-303 Zahie (Cuadro 2) y menor a la informada por Gutiérrez-Llanos *et al.* (2023) en maíz rojo (65.3 %) y azul (76.5 %).

Con el H-304 R se produjeron insuflados con un mayor contenido de fenoles solubles totales (53 %) respecto a los del grano y superior al informado por Gutiérrez-Llanos *et al*. (2023) para tortillas de maíz rojo (23.3 %). Adicionalmente, el volumen de expansión (VE), número de granos sin reventar y tamaño de sus rosetas fueron estadísticamente iguales al testigo. De los progenitores, destacó el parental B por su mayor VE, porcentaje de rosetas con forma de

Cuadro 1. Denominación, genealogía y obtentor de los progenitores que integran el H-304 R de grano rojo.

	Parental A	Parental B	Parental C
Denominación	LBR 01	LBR 02	LBR 03
Genealogía	(CCTEC×PXHCB5) -3-1-1	(HCB8×CCTEC×P) 3-3-1	(HCB4×CNEC) 1-1-1
Obtentor	INIFAP	INIFAP	INIFAP

Cuadro 2. Compuestos fitoquímicos en híbridos de maíz rojo y azul y sus tortillas, desarrollados para el subtrópico de México (P-V 2022).

Híbrido	Compuesto fitoquímico	Maíz	Tortilla	Pérdida (%)
H-304 R	Fenoles solubles totales (mg EAF† kg^{-1})	2285.9 ± 16.2	1927 ± 2.1	15.7
	Antocianinas totales (mg EPC† kg^{-1})	131.8 ± 0.22	82.5 ± 0.29	37.4
H-303 Zahie	Fenoles solubles totales (mg EAF kg^{-1})	2230 ± 34.11	2015 ± 9.2	9.6
	Antocianinas totales (mg EPC kg^{-1})	167.3 ± 0.39	111.8 ± 0.05	33.2

†EAF: equivalentes de ácido ferúlico, EPC: equivalentes de pelargonidina clorada.

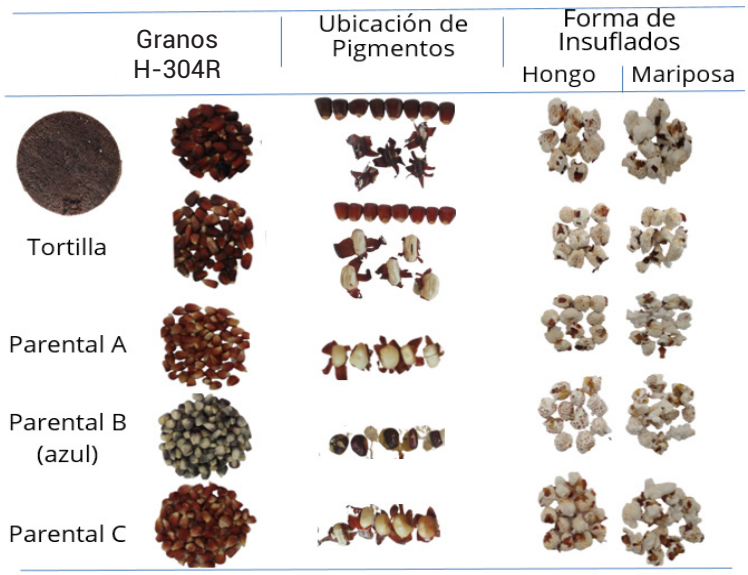

Figura 1. A) Aspecto del grano con pigmento en pericarpio y capa de aleurona, tortillas e insuflados del híbrido de maíz rojo H-304 R desarrollado para el subtrópico de México (P-V 2022). B) aspecto de planta en campo y C) aspecto de mazorca.

Cuadro 3. Variables de calidad de insuflados del híbrido de maíz H-304 R y sus progenitores.

Identificación	Volumen expansión ($cm^3 g^{-1}$)	Granos sin reventar (%)	Tamaño roseta (cm^3)	Forma de roseta (%)		Fuerza de cizallamiento ($g_f cm^2$)	Luminosidad	Ángulo de tono hue (°)	Pureza de color
				Hongo	Mariposa				
H-304 R	20.4 ab	1.46 b	6.4 a	26.6 c	67.3 a	0.7 c	82.5 a	84.5 a	6.1 c
Parental A	16.8 b	1.82 b	3.7 bc	29.5 c	66.6 a	1.0 a	72.4 e	75.0 c	10.9 a
Parental B	22.2 a	0.42 b	4.5 b	63.0 a	35.0 c	0.8 b	76.8 c	75.7 c	10.8 a
Parental C	16.9 b	5.46 a	2.7 c	34.3 bc	59.7 ab	0.9 a	78.5 b	78.6 b	8.0 b
Testigo	23.8 a	1.85 b	7.1 a	42.8 b	53.5 b	1.0 a	74.8 d	80.2 b	5.8 c

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

hongo, textura crujiente y buen color (Cuadro 3). El H-304 R es una buena opción para la producción de tortillas e insuflados con buen valor nutracéutico y calidad comercial.

BIBLIOGRAFÍA

Gutiérrez-Llanos M., I. Alemán-de la Torre, Y. Salinas-Moreno, A. Santillán-Fernández, J. L. Ramírez-Díaz y A. Ledesma-Miramontes (2023) Color y características nutracéuticas de tortillas de maíces (*Zea mays* L.) nativos preparadas con diferentes dosis de álcali y refrigeración. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46:115-126, https://doi.org/10.35196/rfm.2023.2.115

López-Martínez L. X., R. M. Oliart-Ros, G. Valerio-Alfaro, C. H. Lee, K. L. Parkin and H. S. García (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 42. Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Coatlinchán, Texcoco, 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* 35:33-41, https://doi.org/10.35196/rfm.2012.1.33

Salinas M. Y., C. García S., B. Coutiño E. y V. A. Vidal M. (2013) Variabilidad en contenido y tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:285-294, https://doi.org/10.35196/rfm.2013.3-S3-A.285

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. Tlalnepantla, Estado de México. México. 39 p.

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. Oficinas Centrales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ciudad de México. 99 p.

Zhao X., C. Zhang, C. Guigas, 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