Rev. Fitotec. Mex. Vol. 48 (1): 89-92, 2025

H-393 O, HÍBRIDO DE CRUZA DOBLE DE MAÍZ DE GRANO BLANCO CON ALTO CONTENIDO DE ACEITE PARA LA REGIÓN SUBTROPICAL DE MÉXICO

H-393 O, DOUBLE CROSS, HIGH OIL, WHITE KERNEL MAIZE HYBRID FOR THE SUBTROPICAL REGION 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, Gunajuato, 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)

El margen de utilidad para los productores de maíz depende, en gran medida, de los costos de producción de semilla, agroquímicos y otros insumos que juegan un papel preponderante. El híbrido de cruza doble H-393 O permite reducir costos y facilitar la producción de semilla de manera sencilla y económica por parte de empresas nacionales que comercializan semilla; de manera adicional, constituye una alternativa de autoabastecimiento de semilla para los productores o sus asociaciones, que permite un impacto en rentabilidad al reducir los costos de producción. En la actualidad, en gran parte de las regiones productoras de maíz de México la siembra de cruzas dobles ha venido en desuso debido a la preferencia de las cruzas simples y trilineales, que comúnmente presentan un rendimiento de grano superior; no obstante, existen cruzas dobles que son competitivas en rendimiento y que exhiben ventajas en su producción. Una de las ventajas de las cruzas dobles en la producción de semilla es que ambos progenitores son cruzas simples. Al utilizar una cruza simple como progenitor masculino se facilita la producción de semilla debido a que interacciona menos con el ambiente en comparación con el uso de líneas endogámicas, las cuales, al cambiar de zona de producción o fecha de siembra, pueden comprometer la coincidencia entre los progenitores masculino y femenino; además, la línea polinizadora normalmente es desechada o rinde muy poco, mientras que en la producción de semilla de una cruza doble, la cosecha del progenitor masculino puede abonar a los costos de producción.

El alto contenido de aceite (ACA) del H-393 O constituye una excelente alternativa en diversas industrias alimentarias de México ya que impacta en la calidad de sus tortillas, en los alimentos balanceados y en el ensilaje en la industria pecuaria.

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 la región subtropical el H-393 O como una alternativa para reducir los costos de producción y contribuir al desarrollo de las diversas cadenas de valor del maíz en México.

El H-393 O se adapta en el ciclo Primavera Verano (P-V) en diversas regiones subtropicales de México con alturas sobre el nivel del mar entre 1000 y 2000 m, en condiciones de riego y temporal eficiente (Figura 1). El H-393 O presentó un rendimiento de grano promedio de 12 t ha^{-1} en 10 ambientes evaluados en los estados de Guanajuato, Aguascalientes y Michoacán, México, mostró tolerancia al acame, buena cobertura de mazorca, porte alto de planta (2.70 m) y mazorca (1.61 m), ciclo de madurez intermedio-tardío (78 d a floración), estigmas con antocianinas de intensidad débil, espiga muy larga (0.28 m), ramas laterales primarias y presencia ocasional de ramas laterales secundarias, mazorca sana de tamaño mediano con 24 a 26 hileras, grano de color blanco y forma de la corona convexa.

De acuerdo con las normas NMX-034-SCFI-2020 (SE, 2020a) y NMX-034/1-SCFI-2020 (SE, 2020b), las muestras analizadas del H-393 O presentaron granos de tamaño pequeño; no obstante, el grano y las variables de nixtamalización cumplen con las especificaciones para la industria de la masa fresca (Cuadro 1). Destaca el alto rendimiento de sus tortillas y la poca fuerza que requirió para romperse, indicativo de su suavidad, incluso después de 48 h de almacenamiento a 4 °C, característica que se atribuye al alto contenido de aceite (Cuadro 2). El contenido de proteína y aceite fue estable en los dos ciclos de evaluación (10.4 y 7.0 % respectivamente). De acuerdo con Lambert (2000), un maíz con más de 6 % de aceite se puede clasificar como ACA, por lo que H-393 O se incluye en esta categoría. La suma de los componentes estructurales del

Recibido: 25 de junio de 2024
Aceptado: 03 de diciembre de 2024

DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2025.1.89

grano (pedicelo, pericarpio y germen) puede considerarse dentro las especificaciones establecidas por la industria de harina nixtamalizada; sin embargo, el pericarpio estuvo por arriba de lo requerido por esta industria (Cuadro 2). El H-393 O cumple con las especificaciones de las normas NMX-034 y NMX-034/1 (SE, 2020a; b), por lo que puede ser procesado por la industria de masa fresca y harina nixtamalizada para elaborar tortillas de buena calidad.

El proceso de mejoramiento del H-393 O fue mediante un esquema de selección recurrente de familias de medios hermanos (FMH) en las Poblaciones Blanca del Bajío (PBB) y Blanca del Noroeste (PBN) seleccionadas para ACA; el proceso de selección y base genética de las poblaciones fue reportado por Preciado-Ortiz *et al*. (2013) y Ortega-Corona *et al*. (2015), involucra la selección de familias de medios hermanos en lotes aislados de desespigamiento donde se practicó selección, recombinación y evaluación agronómica. En campo se enfatizó en la selección para caracteres agronómicos y de rendimiento. En laboratorio, para incrementar el contenido de aceite, se asistió la selección de semillas con ACA, entre y dentro de familias, a través de espectrofotómetros de rayos infrarrojos cercanos (NIRS por sus siglas en inglés) (InfraTec 1241 e InfraTec 1255, Infra Tec Company, Dresde, Alemania). Bajo este esquema se crearon las poblaciones PBB y PBN de ACA utilizadas como base para derivar las líneas doble haploides (LDH) que forman el H-393 O.

Las LDH se formaron con base en la metodología descrita por Prasanna *et al.* (2012) de la manera siguiente: 1) inducción de haploidía, donde las poblaciones fuente (PBB y PBN) se cruzaron con el polen del inductor de haploidía RWS × UH400, de origen alemán, 2) identificación de semilla con haploidía usando el marcador R1-navajo (*R1-nj*), 3) duplicación de los cromosomas con un inhibidor mitótico (colchicina), y 4) autofecundación de las plantas duplicadas para incrementar la semilla de las nuevas líneas generadas. Las cuatro líneas progenitoras del H-393 O fueron seleccionadas por su desempeño *per se* y por su

Cuadro 1. Características de calidad del grano y tortillas del híbrido de maíz blanco H-393 O de alto contenido de aceite, adaptado a la región subtropical de México PV/2020 y 2021.

Ciclo	Peso de 100 granos (g)	Peso hectolítrico (kg hL^{-1})	Índice de flotación	Pericarpio retenido (%)	Pérdida materia seca (%)	Humedad nixtamal (%)	Humedad tortillas (%)	Rendimiento tortillas (kg kg^{-1} maíz)	Fuerza de ruptura (gf)		
									0.5 h	24 h	48 h
PV-2020	30a	79.9a	22b	57.6a	4.3a	48.3a	46.9a	1.65a	223a	240a	278a
PV-2021	26a	79.4b	42a	34.1b	4.0a	49.6a	46.25a	1.64a	180b	242a	235a
Masa fresca†		> 73	15-50	25-35	2.5-5.0	45-50					
MHN†			37-42	40-50	1.5-3.0	37-42					

†NMX-034/1 (SE, 2020b). MHN: masa de harina nixtamalizada. Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05).

Cuadro 2. Componentes químicos y estructurales de grano del híbrido de maíz de alto contenido de aceite H-393 O, adaptado a la región subtropical de México y evaluado en PV/ 2020 y 2021.

Ciclo	Proteína†	Aceite†	Almidón†	P	Pe	G	Σ P+Pe+G	End Córneo
				(%)				
PV-2020	10.2 a	7.4 a	65.9 b	1.58 a	6.93 a	13.04 a	21.6 a	53.1 a
PV-2021	10.5 a	7.0 b	68.2 a	1.25 a	7.02 a	12.87 a	21.1 b	38.5 b
MASECA[1]				< 2.0	< 5.5	< 13.0	< 20	< 48

†En base seca. Medias con letras iguales en cada columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05). P. pedicelo, Pe: pericarpio, G: germen. (Com. Pers. Angulo Miramontes)[1].

[1]**Comunicación personal Ing. Jorge Angulo Miramontes**, Gerente de CONALSA-GRUMA-MASECA, México.

respuesta heterótica a través de cruzamientos de prueba (Silva-Venancio *et al.*, 2019) y combinaciones dialélicas (Picón-Rico *et al.,* 2018).

El progenitor femenino del H-393 O (LBDHBO 01 × LBDHBO 02) fue formado con dos LDH derivadas de PBB, y el progenitor masculino (LBDHBO 04 × LBDHBO 05) formado con dos LDH de PBN.

La caracterización de los progenitores y del H-393 O se realizó siguiendo la Guía Técnica para la Descripción Varietal de Maíz (SNICS, 2014). Las cruzas simples y líneas que participan como progenitores del H-393 O se caracterizaron durante dos ciclos homólogos (P-V 2015 y P-V 2016) en el INIFAP-CEBAJ en Celaya, Guanajuato, México y registradas previo a la liberación de los híbridos H-388 O (Preciado-Ortiz *et al.,* 2019a) y H-389 O (Preciado-Ortiz *et al.,* 2019b). La caracterización del H-393 O se realizó durante dos ciclos homólogos (P-V 2019 y P-V 2020) dentro del INIFAP-CEBAJ en Celaya, Guanajuato, México.

El H-393 O fue inscrito el año 2022 en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) ante el SNICS con el número de registro definitivo MAZ-2476-081122. El título de obtentor fue otorgado en el año 2023 por el Registro Nacional Agropecuario de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural con número de registro 3116. En el Cuadro 3 se detalla información concerniente a los progenitores del H-393 O.

El H-393 O constituye una alternativa sencilla y económica disponible en INIFAP para el autoabastecimiento de semilla por los productores, así como para empresarios semilleros

Cuadro 3. Denominación, genealogía y obtentor de los progenitores que integran el H-393 O de grano blanco y alto contenido de aceite.

	Progenitor A	Progenitor B	Progenitor C	Progenitor D
Denominación	LBDHBO 01	LBDHBO 02	LBDHBO 04	LBDHBO 05
Genealogía	PBB DH 178	PBB DH 183	PBN DH 5	PBN DH 16
Obtentor	INIFAP	INIFAP	INIFAP	INIFAP



Figura 1. Aspecto general del híbrido H-393 O.

que puedan producir una semilla a precio justo, lo que repercutirá en la reducción de costos de producción del cultivo de maíz. Con el ACA del H-393 O es posible obtener productos nixtamalizados de muy buena calidad para los consumidores e incrementar la eficiencia de los alimentos balanceados para mejorar la nutrición del ganado, lo que repercutirá en mayor eficiencia en la producción y salud animal. El H-393 O puede ser una excelente fuente de materia prima para la industria de transformación.

BIBLIOGRAFÍA

Lambert R. J. (2000) High-oil corn hybrids. *In*: Specialty Corns. Second edition. A. R. Hallauer (ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. pp:131-154.

Ortega-Corona A., R. Picón-Rico, R. E. Preciado-Ortiz, A. D. Terrón-Ibarra, M. J. Guerrero-Herrera, S. García-Lara y S. O. Serna-Saldívar (2015) Selection response for oil content and agronomic performance in four subtropical maize populations. *Maydica* 60:1-8.

Picón-Rico R., R. E. Preciado-Ortiz, F. Cervantes-Ortiz, J. Covarrubias-Prieto y A. Terrón-Ibarra (2018) Efectos heteróticos en líneas doble haploides de maíz de grano blanco y alto contenido de aceite. *Revista Fitotecnia Mexicana* 41:177-186, https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.177-186

Prasanna B., M., V. Chaikam and G. Mahuku (2012) Doubled Haploid Technology in Maize Breeding: Theory and Practice. CIMMYT. Mexico, D. F. 51 p.

Preciado-Ortiz R. E., S. García-Lara, S. Ortiz-Islas, A. Ortega-Corona and S. O. Serna-Saldívar (2013) Response of recurrent selection on yield, kernel oil content and fatty acid composition of subtropical maize populations. *Field Crops Research* 142:27-35, https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.019

Preciado-Ortiz R. E., A. D. Terrón I, M. G. Vázquez-Carrillo, N. O. Gómez-Montiel, D. Briones-Reyes y A. Peña-Ramos. (2019a) H-388 O, híbrido de maíz trilineal de grano blanco oleoso para el subtrópico de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:309-311, https://doi.org/10.35196/rfm.2019.3.309

Preciado-Ortiz R. E., A. D. Terrón I, M. G. Vázquez-Carrillo, N. O. Gómez-Montiel, D. Briones-Reyes y A. Peña-Ramos (2019b) H-389 O, híbrido trilineal de maíz de grano blanco oleoso adaptado a regiones subtropicales de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42:183-185, https://doi.org/10.35196/rfm.2019.2.183

SE, Secretaría de Economía (2020a) NMX-FF-034-SCFI-2020-Productos alimenticios para uso humano no industrializados-cereales-Maíz (*Zea mays* L.)-Especificaciones y métodos de prueba. Dirección General de Normas, Secretaría Economía. Ciudad de México. 21 p.

SE, Secretaría de Economía (2020b) NMX-FF-034/1-SCFI-2020 Productos alimenticios para uso humano no industrializados-cereales-maíz-Parte 1: Granos para tortillas y productos nixtamalizados-Especificaciones y métodos de prueba (Cancela a la NMX-FF-034/1-2002). Dirección General de Normas, Secretaría Economía. Ciudad de México. 42 p.

Silva-Venancio S., R. E. Preciado-Ortiz, J. Covarrubias-Prieto, S. Ortiz-Islas, S. O. Serna-Saldívar, S. García-Lara and N. Palacios R. (2019) Identification of superior doubled haploid maize (*Zea mays*) inbred lines derived from high oil content subtropical populations. *Maydica* 64:1-11.

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.