



## H-391: HÍBRIDO TRILINEAL DE MAÍZ DE GRANO BLANCO PARA REGIONES DEL SUBTRÓPICO DE MÉXICO

### H-391: A THREE-WAY WHITE GRAIN MAIZE HYBRID FOR THE SUBTROPICAL REGIONS OF MEXICO

José Luis Ramírez-Díaz<sup>1</sup>, Ivone Alemán-de la Torre<sup>1</sup>, Alejandro Ledesma-Miramontes<sup>1\*</sup>, Víctor Antonio Vidal-Martínez<sup>2</sup>, Yolanda Salinas-Moreno<sup>1</sup>, Dolores Briones-Reyes<sup>3</sup>, Noel Orlando Gómez-Montiel<sup>4</sup>, Alfonso Peña Ramos<sup>5</sup> y César Augusto Reyes-Méndez<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. <sup>2</sup>INIFAP, Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. <sup>3</sup>INIFAP, Sitio Experimental Tlaxcala, Tlaxcala, Tlaxcala, México. <sup>4</sup>INIFAP, Campo Experimental Iguala, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. <sup>5</sup>INIFAP, Campo Experimental Pabellón, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. <sup>6</sup>INIFAP, Campo Experimental Río Bravo, Río Bravo, Tamaulipas, México.

\*Autor de correspondencia (ledesma.alejandro@inifap.gob.mx; aledesma2801@gmail.com)

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante en México. La gran diversidad fenotípica y genotípica de razas y variedades de maíz existente en el país permite que se produzca en ambientes que van desde cero hasta los 3500 m de altitud (López *et al.*, 2020). A pesar de esta enorme diversidad, las estadísticas nacionales de maíz indican que el rendimiento de grano promedio es de 3.8 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2022). Este promedio bajo se atribuye a tecnologías de manejo agronómico deficientes, falta de mecanización y uso de variedades mejoradas no adaptadas a las regiones en las que se siembran, entre muchas otras causas.

En México se tiene el reto de producir más maíz, pues la demanda anual es de 45 millones de toneladas de grano y sólo se producen 28 millones (SIAP, 2022); por lo tanto, se espera que los restantes 17 millones se importen, con un costo estimado de 6000 millones de dólares (Carbajal, 2022; Com. Pers.)<sup>1</sup>. En el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) se trabaja en la formación, evaluación y liberación de variedades mejoradas, como apoyo a la cadena de valor correspondiente y a la soberanía alimentaria del país. En este contexto, recientemente, se liberó el híbrido trilineal de grano blanco H-391, el cual es una opción tecnológica para que los productores de maíz ubicados en regiones subtropicales de México aumenten la productividad y rentabilidad de su sistema de producción.

H-391 es un híbrido trilineal de maíz de grano blanco, formado por la combinación de las líneas endogámicas (B-49 × B-41) × B-51. Los progenitores B-49 y B-41 son líneas S<sub>4</sub> seleccionadas por el método de pedigrí a partir de la población Sintético Tardío. La cruce B-49 × B-41 constituye la hembra del H-391 y destaca por su porte de planta bajo, tolerancia al acame de raíz y de tallo y buena sanidad de planta y mazorca (Ramírez *et al.*, 2010). El progenitor B-51 se obtuvo de la siguiente forma: se partió de la retrocruza 1 (RC1) de la línea B-50, usando como donador a la línea B-48 y como progenitor recurrente a la línea B-50; una vez obtenida la RC1, se formaron familias de autohermanos hasta S<sub>6</sub>, por el método de pedigrí. En este proceso, se seleccionó para tolerancia a roya común (*Puccinia sorghi*), mildiú vellosa (*Sclerophthora macrospora*) y pudriciones de tallo y mazorca (*Fusarium* spp.). Las líneas S<sub>6</sub> se evaluaron a través de ambientes por aptitud combinatoria específica, con dos probadores de cruce simple; de esta evaluación, se seleccionó el progenitor B-51, que se caracteriza por tener ciclo de madurez de intermedio a tardío, espiga larga y compacta, que oscila entre 35.1 y 43 cm de longitud, con más de 12 ramificaciones rectilíneas y excelente combinación con la cruce B-49 × B-41 (Ramírez *et al.*, 2019).

El híbrido H-391 es de ciclo intermedio tardío, requiere en promedio 145 días para alcanzar la madurez fisiológica, tiene una altura de planta de 221 a 300 cm y la mazorca principal se desarrolla entre los 121 y 160 cm; tiene espiga larga (31.5 a 43 cm), con un número de ramas laterales mayor que 12; su mazorca es de tamaño medio (15.1 a 20.0 cm), de forma cónica cilíndrica, con 12 a 16 hileras rectas, granos semidentados y color blanco cremoso (Figura 1).

<sup>1</sup>Carbajal B. (2022) Cerrará México 2022 con gasto histórico en importación de maíz. La Jornada. Ciudad de México. Edición 21 de diciembre de 2022. <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/12/21/economia/cerrara-mexico-2022-con-gasto-historico-en-importacion-de-maiz/#:~:text=Estimaciones%20del%20Departamento%20de%20Agricultura,la%20pandemia%20increment%C3%B3%20sus%20compras> (Enero 2023).



**Figura 1. H-391, híbrido trilineal de maíz de grano blanco. A) aspecto de planta, B) y mazorca.**

El híbrido H-391 se evaluó en 50 ensayos de rendimiento que cubrieron un gradiente altitudinal de 800 a 1966 m, incluyendo localidades ubicadas en los municipios de Iguala, Guerrero; Santa María del Oro, Nayarit; Tlajomulco, Jalisco; Tarímbaro, Michoacán; Pabellón, Aguascalientes y Tepatlán, Jalisco, abarcando las zonas agroecológicas de trópico, subtrópico y transición de México. En promedio de todos los ambientes (50 ensayos), el híbrido H-391 rindió  $8340 \text{ kg ha}^{-1}$ , valor que superó en 3 y 13 % al rendimiento de los híbridos comerciales H-377 ( $8096 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y H-318 ( $7361 \text{ kg ha}^{-1}$ ), respectivamente.

En la zona agroecológica del trópico se sembraron 10 ensayos de rendimiento en temporal, distribuidos en los municipios de Santa María del Oro, Nayarit (seis ensayos) e Iguala, Guerrero (cuatro ensayos). El rendimiento de grano promedio del H-391 en ambos municipios fue de  $6092 \text{ kg ha}^{-1}$ , el cual fue superior en 2 y 7 % al de los híbridos H-377 ( $5959 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y H-318 ( $5688 \text{ kg ha}^{-1}$ ), respectivamente. En el híbrido H-391, la floración masculina y femenina ocurrió a los 57 días, al igual que en el H-377; el H-318 fue un día más precoz. En cuanto a acame de raíz y de tallo, el híbrido H-391 mostró mayor tolerancia (1 %) en comparación con el H-377 (2 %) y el H-318 (3 %).

En la zona agroecológica del subtrópico (23 ensayos), el H-391 se evaluó en el municipio de Tarímbaro, Michoacán, en punta de riego (10 ensayos) y en el municipio de Tlajomulco, Jalisco, en un régimen hídrico de temporal (13 ensayos). Con base en los resultados, la media del rendimiento de grano del híbrido H-391 en Tarímbaro fue

de  $14111 \text{ kg ha}^{-1}$ , mismo que superó en 1 y 15 % a los testigos comerciales H-377 ( $13969 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y H-318 ( $12317 \text{ kg ha}^{-1}$ ), respectivamente. En el municipio de Tlajomulco, la media del rendimiento de grano del híbrido H-391 fue de  $7454 \text{ kg ha}^{-1}$ , el cual sobrepasó en 4 y 15 % a los testigos comerciales H-377 ( $7193 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y H-318 ( $6484 \text{ kg ha}^{-1}$ ), en ese orden. En cuanto a precocidad, no hubo gran diferencia entre el híbrido H-391 y los testigos H-377 y H-318, pues en el H-391 y el H-377 la floración masculina y femenina promedio ocurrió a los 74 días después de la siembra, mientras que en el H-318 se presentó a los 72 y 73 días, respectivamente. El H-391 tiene muy buena tolerancia al acame de raíz y de tallo, con promedio de 4 %, valor igual al cuantificado en el híbrido H-377, pero inferior al de H-318, que registró 12 %. El híbrido H-391, además de tener mayor rendimiento de grano que los testigos señalados, mostró mayor tolerancia a enfermedades foliares como roya común (*P. sorghi*), mildiú veloso (*S. macrospora*) y pudriciones de tallo y mazorca (*Fusarium* spp.).

En la zona agroecológica de transición, el híbrido H-391 se evaluó en 17 ensayos de rendimiento: 13 en la localidad de Tepatlán, Jalisco, en condiciones de temporal y cuatro en Pabellón, Aguascalientes en riego. El rendimiento promedio del híbrido H-391 obtenido en el municipio de Tepatlán fue de  $5159 \text{ kg ha}^{-1}$ , 1 y 7 % más alto que el del H-377 ( $5103 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y H-318 ( $4831 \text{ kg ha}^{-1}$ ), respectivamente, mientras que en el municipio de Pabellón, el rendimiento promedio del híbrido H-391 fue de  $12694 \text{ kg ha}^{-1}$ , superando en 10 y 23 % a los híbridos H-377 ( $11490 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y H-318 ( $10330 \text{ kg ha}^{-1}$ ). La floración masculina

y femenina del H-391 ocurrió a los 82 días, igual que en H-377; en H-318, ambas floraciones se presentaron a los 80 días. El porcentaje de acame de raíz y tallo del H-391 (12 %) fue menor que el de H-377 (19 %) y que el de H-318 (42 %).

Para estimar la estabilidad del rendimiento de grano del híbrido H-391 con respecto a los híbridos H-318 y H-377, se generaron índices ambientales y se hizo un análisis de regresión simple, donde el rendimiento de grano individual de cada híbrido se utilizó como variable dependiente y como independiente el índice ambiental. La ordenada al origen del híbrido H-391 (8340 kg ha<sup>-1</sup>) superó a la de los híbridos H-377 (8096 kg ha<sup>-1</sup>) y H-318 (7361 kg ha<sup>-1</sup>). Las pruebas de hipótesis para el coeficiente de regresión (b) revelaron que en los híbridos H-391 (b = 1.12) y H-377 (b = 1.06), sus coeficientes fueron iguales a 1, lo que indica un comportamiento estable (Eberhart y Russell, 1966). El híbrido H-318 no se comportó como estable, pues su coeficiente de regresión (b = 0.89) fue estadísticamente menor que uno (P ≤ 0.05). En el análisis gráfico se observó que, en ambientes restrictivos, los tres híbridos tuvieron comportamiento muy similar, pero conforme mejoró el ambiente, el híbrido H-391 tuvo mejor respuesta en rendimiento de grano que H-377 y H-318.

Con base en los resultados de las evaluaciones y el origen genético del híbrido H-391, se determinó que su área de adaptación principal son las regiones agrícolas ubicadas entre 900 y 1850 m de altitud. Para la producción de grano en ese estrato altitudinal, se sugiere sembrar el híbrido H-391 a una densidad de 75000 plantas/ha en áreas de temporal (con precipitación > 700 mm de junio-octubre) y de 90000 plantas/ha en los sistemas de riego y punta de riego.

El grano del H-391 es adecuado para la industria de la masa y la tortilla, pues satisface los estándares de la Norma Mexicana NMX-FF-034/1SCFI-2002 (Secretaría de Economía, 2002) para maíz que se destina al proceso de nixtamalización. Por cada kg de grano se obtiene un rendimiento de masa de 2.0 kg y 1.43 kg de tortilla, respectivamente.

La semilla certificada del híbrido H-391 se produce sembrando simultáneamente la hembra (B-49 × B-41) y el macho (B-51), en proporción de cuatro surcos hembra y dos de macho (4:2). La producción de semilla estimada de la hembra es de 5.0 t ha<sup>-1</sup>.

El híbrido H-391 se registró en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales con el número MAZ-2229-191120 y tiene el Título de Obtentor número 2623, expedido por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural a través del Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas en el año 2021. Para la producción de semilla certificada del híbrido H-391, la semilla registrada de los progenitores se puede adquirir en el Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, del INIFAP, ubicado en el municipio de Tepatitlán, Jalisco.

## BIBLIOGRAFÍA

- Eberhart S. A. and W. A. Russell (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40, <https://doi.org/10.2135/crosci1966.0011183X000600010011x>
- López P. A., E. Ortiz-Torres, A. Gil-Muñoz, J. D. Guerrero-Rodríguez, O. R. Taboada-Gaytán, H. López-Sánchez y A. Hernández-Guzmán (2020) Patrón varietal y rendimiento de grano de maíces locales del Valle de Tehuacán, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:525-532, <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4-A.525>
- Ramírez D. J. L., I. Alemán T., A. Ledesma M., V. A. Vidal M., N. O. Gómez M., Y. Salinas M., ... y E. Bautista R. (2019) H-391. Híbrido trilineal de maíz de grano blanco para la zona centro occidente de México. Folleto Técnico Núm. 3. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 29 p.
- Ramírez D. J. L., M. Chuela B., V. A. Vidal M., H. L. Vallejo D., R. Ramírez Z., A. Peña R., ... y L. Soltero D. (2010) H-377. Híbrido de maíz de grano blanco para riego y buen temporal para la zona Centro Occidente de México. Folleto Técnico Núm. 3. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 32 p.
- Secretaría de Economía (2002) NMX-FF-034/1 SCFI-2002. Norma mexicana para productos alimenticios no industrializados para consumo humano-cereales - Parte I. Maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado - especificaciones y métodos de prueba. Secretaría de Economía. México, D. F. 22 p. [https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-034-1-SCFI-2002\\_MAIZ\\_blanco.pdf](https://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-034-1-SCFI-2002_MAIZ_blanco.pdf) (Enero 2023).
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022) Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Agosto 2022).

