



MARCELA F2023, VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

MARCELA F2023, A BREAD WHEAT VARIETY FOR NORTHWESTERN MEXICO

Gabriela Chávez-Villalba¹, Alberto Borbón-Gracia¹, Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros¹, José Ángel Marroquín Morales¹, Jorge Iván Alvarado-Padilla², Elizabeth García-León³, Rene Hortelano Santa Rosa^{4*} y Julio Huerta Espino⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora, México, ²INIFAP, Campo Experimental Valle de Mexicali, Baja California, México, ³INIFAP, Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Sinaloa, México, ⁴INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Texcoco, México.

*Autor de correspondencia (hortelano.rene@inifap.gob.mx)

La producción de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) en México en 2023 fue de 3.4 millones de toneladas, de las cuales Sonora produjo 423,965 t en una superficie sembrada de 66,714 ha (SIAP, 2023), cantidad insuficiente para abastecer las necesidades de consumo interno. Durante el mismo año se importaron 5.2 millones de toneladas, provenientes principalmente de los Estados Unidos de América (59.1 %), Canadá (19.49 %) y Rusia (17.36 %) (CANIMOLT, 2023). Después del maíz, el trigo es el cereal de mayor consumo por la población mexicana, con un consumo *per cápita* de 59.9 kg por año (SADER, 2024). En la molienda del trigo, el 68 % fue para producir harinas fuertes, 19 % sémolas y 13 % harinas blandas (CANIMOLT, 2023).

En el noroeste de México se siembran principalmente las variedades Borlaug 100 y CIANO M2018, que se han comportado como moderadamente resistentes a roya de la hoja en condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad. La falta de variedades de gluten fuerte obliga a los molineros a incentivar la siembra de variedades como Ónavas F2009 y Kronstad F2004, variedades de excelente calidad para la industria panificadora, pero susceptibles a la raza de la roya de la hoja BBG/BP_CIRNO, a la cual Marcela F2023 muestra resistencia. Esta nueva variedad permitirá diversificar la resistencia a dicha enfermedad y disminuir la dependencia de la resistencia de Borlaug 100 y CIANO M2018. Marcela F2023 es una variedad de trigo harinero liberada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). La línea experimental que dio origen a esta nueva variedad la obtuvo el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) por hibridación, donde se realizó una cruce simple entre los progenitores KACHU*2/3/ND643//2*PRL/2*PASTOR y KACHU//KIRITATI/2*TRCH y su genealogía es: KACHU*2/3/

ND643//2*PRL/2*PASTOR/4/KACHU//KIRITATI/2*TRCH con el número e historial de selección: CMSS13B00763S-099M-0SY-23M-0WGY.

La cruce simple se realizó en el Batán, Texcoco, Estado de México, en el ciclo P-V/2013 (CMSS13B00763S), y se sembró en su generación F_1 en la estación experimental de CIMMYT-CENEB en Ciudad Obregón, Sonora en el ciclo O-I/2013-2014, se cosechó en masa un número indefinido de plantas para generar la semilla F_2 , que fue sembrada en la estación experimental del CIMMYT-Toluca, Estado de México en el ciclo P-V/2014 y fue cosechado en masa un número indefinido de plantas resistentes a enfermedades (099M). La generación F_3 se evaluó en la estación CIMMYT-CENEB, Ciudad Obregón, Sonora en el ciclo O-I/2014-2015 bajo condiciones de sequía o riego limitado y se cosechó en masa toda la progenie (0SY). La F_4 se estableció en la estación del CIMMYT-Toluca, Estado de México en el ciclo P-V/2015, donde se seleccionó un número indefinido de plantas resistentes, de las cuales se cosecharon espigas y se trillaron individualmente. La planta identificada con el número 23 fue seleccionada por tipo de grano (23M). La generación F_5 se sembró espiga por surco en la estación del CIMMYT-CENEB, Ciudad Obregón, Sonora durante el ciclo O-I/2016-2017, la cual se cosechó en masa y se determinó el color de grano blanco, en este caso (0WGY) para obtener la generación F_6 . A partir de esta generación, la línea avanzada se mantuvo implementando purificación en espigas por surcos, eliminando cualquier planta fuera de tipo. La línea experimental generada (F_6) se entregó a INIFAP-CEMEXI para incrementar la semilla original, y se evaluó en tres ciclos agrícolas O-I/20019-2020 a 2021-2022 bajo condiciones de riego normal y riego limitado, en cuatro fechas de siembra en el ciclo O-I/2019-2020, y durante los ciclos O-I/2020-2021 a 2021-2022 en dos fechas de siembra con riego completo. También se evaluó

para enfermedades foliares en ambientes naturales en la región de Valles Altos de México durante tres ciclos (P-V/2018 a P-V/2020), y durante los ciclos P-V/2020 y P-V/2021 se evaluó bajo condiciones de invernadero para razas específicas de roya amarilla y roya de la hoja.

La caracterización fenotípica de Marcela F2023 se realizó en condiciones de riego normal (cuatro riegos de auxilio). Esta variedad es de hábito primaveral, de ciclo intermedio (123.8 días a madurez en promedio) (Cuadro 1), con pigmentación fuerte de antocianinas en el coleóptilo, su altura la clasifica como de porte medio (altura promedio 96.4 cm), y es resistente al acame. Presenta una frecuencia media de hoja bandera recurvada, la densidad y glaucescencia de su espiga es media en antesis y blanca en madurez fisiológica.

Se evaluó el rendimiento del grano bajo condiciones de riego en el sur de Sonora, México, durante los ciclos agrícolas O-I/2020-2021 a O-I/2023-2024. En comparación con las variedades Ónavas F2009 y Borlaug 100, Marcela F2023 superó el rendimiento de esas dos variedades testigo (Cuadro 1). Con respecto a Ónavas

F2009, Marcela F2023 la superó con 4.08 %. El incremento con respecto a Borlaug 100 fue de solo 0.19 %.

El grano de Marcela F2023 es blanco, redondeado y duro, lo que es deseable porque el color del grano blanco está relacionado con mayor resistencia a la germinación de las semillas antes de la cosecha (Singh *et al.*, 2021) y también con el menor uso de blanqueadores durante el proceso de molienda industrial. La industria también prefiere granos duros a semi-duros porque favorecen la fermentación durante el proceso de panificación y mantienen la frescura del producto terminado (Peña *et al.*, 2008).

Marcela F2023 presentó valores de peso hectolítrico de 79.8 kg hL⁻¹, muy similar al de las variedades testigo (Cuadro 2), lo que le permite obtener rendimientos de harina adecuados. El contenido de proteína en grano fue de 12.52 % superior a las variedades testigo de su tipo (Ónavas F2009 y Borlaug 100) en un 0.5 %. La fuerza del gluten, se clasificó como gluten fuerte ($W = 438 \times 10^{-4}$ J; P/L = 0.9), adecuada para la industria mecanizada del pan y para mejorar la calidad de variedades de gluten medio como Borlaug 100 y CIANO M2018. Marcela F2023 presentó

Cuadro 1. Aspectos fisiológicos de Marcela F2023 y dos variedades testigo evaluadas durante los ciclos otoño-invierno 2020-2021 a 2023-2024.

Variable	Marcela F2023	Borlaug 100	Ónavas F2009	DSH 0.05
Espigamiento (días)	83.6a	82.2b	81.4b	1.03
Madurez fisiológica (días)	123.8a	123.3ab	122.4b	1.24
Altura de planta (cm)	96.4b	98.7a	99.08a	2.07
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	6856.4a	6843.1a	6587.5a	397.8

DSH: diferencia significativa honesta. Medias con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

Cuadro 2. Calidad industrial de Marcela F2023 y dos variedades testigo evaluadas durante los ciclos otoño-invierno 2020-2021 a 2023-2024.

Variable	Marcela M2023	Borlaug 100	Ónavas F2009	DSH 0.05
Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)	79.8 b	80.6 a	79.8 b	0.37
Peso de mil granos (g)	51.1 a	50.1 a	47.8 b	1.34
Proteína en grano (%)	12.52 a	12.07 b	11.91 b	0.18
Fuerza de gluten ($J \times 10^{-4}$)	414 a	284 b	324 a	
Volumen de pan (mL)	897.7 a	833.3 b	835.4 b	28.2
Sedimentación (mL)	20.7 ab	20 b	21.3 a	0.78
L*	93.7 ab	94.2a	93.4 b	0.61
Fe	35.91 a	36.01a	-	1.07
Zn	36.63 a	36.61a	-	2.33

L*: luminosidad, Fe: hierro (ppm), Zn: zinc (ppm), DSH: diferencia significativa honesta. Medias con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).



Figura 1. A) porte de la planta de Marcela F2023 durante antesis, B) producto final del volumen de pan.

excelente volumen de pan (897.7 cm^3) superando a Ónavas F2009, variedad regularmente más utilizada por la industria harinera; además, tanto Marcela F2023 como Borlaug 100 presentan valores de luminosidad (L) superiores a las harinas formuladas para su comercialización, lo que muestra que ambas variedades genéticamente son más claras después de que pasan por el proceso industrial. Estas mismas variedades superan el valor promedio de zinc y hierro reportado en algunos países (Velu *et al.*, 2014).

Marcela F2023 cuenta con el número de registro TRI-205-041223 en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas desde marzo de 2023. El CENEB-INIFAP se encarga de salvaguardar la semilla original.

BIBLIOGRAFÍA

- CANIMOLT, Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (2023) Compendio Estadístico 2022-2023. Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo. Ciudad de México. 245 p.
- Peña B. R. J., N. Hernández E., P. Pérez H., H. Villaseñor M., M. M. Gómez V. y M. A. Mendoza L. (2008) Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo otoño-invierno 2006-2007. Publicación Especial. CONASIST-CONATRIGO. México, D. F. 28 p.
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2024) Panorama Agroalimentario 2018-2024. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, México. 211 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2023) Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México, https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ (Febrero, 2025).
- Singh C., U. R. Kamble, V. Gupta, G. Singh, S. Sheoran, A. Gupta, ... and G. P. Singh (2021) Pre-harvest sprouting in wheat: current status and future prospects. *Journal of Cereal Research* 13(Spl. 1):1-22, <http://doi.org/10.25174/2582-2675/2021/114484>
- Velu G., I. Ortiz-Monasterio, I. Cakmak, Y. Hao and R. P. Singh (2014) Biofortification strategies to increase grain zinc and iron concentrations in wheat. *Journal of Cereal Science* 59:365-372, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.09.001>

