



NOROESTE C2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO DURO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

NOROESTE C2021: NEW DURUM WHEAT VARIETY FOR NORTHWESTERN MEXICO

Alberto Borbón-Gracia¹, Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros^{1*}, Gabriela Chávez-Villalba¹, Guillermo Fuentes-Dávila¹, Karim Ammar², Jorge Iván Alvarado-Padilla³ y Jesús Antonio Cantúa-Ayala¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Norman E. Borlaug, Ciudad Obregón, Sonora, México. ²Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, El Batán, Texcoco, Estado de México, México. ³INIFAP, Campo Experimental Valle de Mexicali, Mexicali, Baja California, México.

*Autor de correspondencia (diaz.huizar@inifap.gob.mx)

En México, durante el año 2021 se cosecharon 511,059.82 ha de trigo (*Triticum* spp.) con una producción de 3,224,931 t. En el estado de Sonora en ese mismo ciclo se cosecharon 236,467.08 ha con una producción de 1,721,608 t, lo que constituyó el 53.38 % de la producción nacional (SIAP, 2022). Un año después, en dicha entidad se sembraron 283,155.27 ha, de las cuales 222,986.63 se cultivaron con la variedad de trigo duro CIRNO C2008, lo que representó 78 % de la superficie (CESAVESON, 2022). Al ser una variedad susceptible al hongo *Puccinia triticina* E., causante de la roya de la hoja (Huerta-Espino *et al.*, 2017), requiere de una a dos aplicaciones de fungicidas durante el ciclo, lo que representa un gasto adicional en los costos de producción y un impacto ambiental negativo en la región. A pesar de la pérdida de la resistencia, los productores no dejan de cultivarla por su tolerancia al acame con altas densidades de siembra. Otra limitante en la producción de trigo en el noroeste de México es la disponibilidad de agua, la captación de agua en los sistemas de presas de Sonora y Sinaloa ha sido baja en los últimos años, la cantidad de agua disponible para la siembra se redujo considerablemente. En Sonora, la captación de agua se redujo de 3,041.3 millones de metros cúbicos (Mm³) a 1,058.3 Mm³ durante el ciclo agrícola 2022-2023 (DRRY, 2024), lo anterior ocasionó que los riegos de auxilio se redujeran de 4 a 2 y 3 riegos en el Valle del Mayo y del Yaqui, respectivamente.

Debido a la importancia del trigo duro (*Triticum durum* Desf.) en el noroeste de México, es necesario generar nuevas variedades con estabilidad y potencial de rendimiento, calidad de exportación, resistencia a las principales enfermedades del cultivo, uso eficiente del agua y tolerantes al acame. Noroeste C2021 es una variedad que se perfila como una excelente opción para los productores del noroeste de México, mantiene la estabilidad de rendimiento y supera el potencial de

rendimiento de las variedades comerciales existentes, ya que muestra un mejor aprovechamiento del agua, cualidades que permitirían sustituir a CIRNO C2008, variedad ampliamente sembrada en la región. Noroeste C2021 se generó mediante el cruzamiento de líneas puras como progenitores, a través de la implementación de los métodos de pedigrí, masal y masal estratificado.

La nueva variedad fue producto de una cruce triple, donde estuvieron involucrados los progenitores GHAT_4//MEUX/PNIO_1 y PHON/4/VRKS_3/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)// PLATA_13; la F₁ obtenida se cruzó con la variedad CIRNO C2008, que dio origen a la cruce trilineal GHAT_4//MEUX/PNIO_1/5/PHON/4VRKS_3/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.THIO.135.85)//PLATA_13/6/CIRNO C2008, la cual se identificó con el folio CDSS11B00325T.

La semilla F₁ TOP de la cruce trilineal fue cultivada en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) durante el otoño-invierno (O/I) 2011-2012, la cosecha se realizó en masa, y la semilla F₂ se sembró en el siguiente ciclo O/I 2012-2013 en el CENEB. En la población F₂ se tomaron 49 plantas individuales y se trillaron en masa (049M). La semilla F₃ se cultivó en la estación experimental de Toluca en primavera-verano de 2013, donde se cosecharon 54 plantas en masa (054M), generando la semilla F₄. Durante el ciclo O/I 2013-2014 la F₄ se sembró en el Valle del Yaqui, donde se trillaron plantas individuales para generar familias F₅. Noroeste C2021, como línea candidata, proviene de la planta número 39 (39Y), la cual se sembró en Toluca durante el verano 2014 y se cosechó en masa para producir semilla de generación F₆.

A partir de la generación F₆, la familia se avanzó en masa purificada, por lo cual el historial de selección quedó como sigue: CDSS11B00325T-049Y-054M-39Y-0M. La línea se mantuvo sembrando espigas individuales en surcos

eliminando cualquier planta fuera de tipo y cosechando en masa sólo los surcos uniformes. Estas poblaciones se sembraron durante el verano de 2015 en las instalaciones del CIMMYT en el Batán, Estado de México, donde se seleccionaron seis espigas conforme a tipo y se trillaron de manera individual para luego sembrarlas en Mexicali, Baja California durante el ciclo O/I 2015-2016 en espigas individuales en surcos. Luego de verificar que las plantas originadas de las seis espigas en surcos fueran idénticas, éstas se cosecharon en masa y en el ciclo O/I 2017-2018 se evaluó en viveros de selección en el CENEB. Durante los ciclos agrícolas O/I 2018-2019 al 2021-2022 se evaluó bajo condiciones de riego completo y restringido en cuatro fechas de siembra.

Noroeste C2021 es de hábito primaveral, en plántula su crecimiento es erecto, antes del espigamiento la hoja bandera curvada es ausente, no presenta coloración de antocianinas en sus aurículas y la coloración de antocianinas del coleóptilo es muy fuerte. Tanto el tallo del cuello de la espiga y la vaina de la hoja bandera tienen cerosidad fuerte. La espiga es densa, de forma piramidal

y, excluyendo las aristas, tiene una longitud media. En madurez, las aristas se tornan ligeramente pigmentadas. La gluma inferior del tercio medio de la espiga es oblonga media y presenta vellosidad en la superficie externa (Figura 1A). El grano de Noroeste C2021 no presenta reacción al fenol (10 %), es de forma semi-elíptica y de color blanco.

En evaluaciones experimentales realizadas en el CENEB, Sitio Experimental Valle del Mayo (SEMAY) y Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) durante los ciclos agrícolas O/I 2018-2019 al 2021-2022, Noroeste C2021 presentó una altura máxima de 90 cm, una mínima de 77 cm y un promedio de 84 cm (Figura 1B). Para esta variedad, el espigamiento y la madurez fisiológica se registran en promedio a los 77 y 123 días después de la siembra, variedad similar a CIRNO C2008, aunque más alta (Cuadro 1). El promedio de 26 ambientes de evaluación, el peso hectolítrico fue de 84.0 kg hL⁻¹, valor superior al resto de las variedades comerciales, mientras que el contenido proteico del grano fue de 11.8 %, porcentaje que iguala a variedades comerciales registradas como Oro, mientras el peso de mil granos alcanzó un valor de 49.8 g, igual



Figura 1. A) Espiga de Noroeste C2021 (izquierda) con vellosidad en la superficie externa de gluma inferior, CIRNO C2008 (derecha) sin vellosidad, B) porte de planta de Noroeste C2021, C) sémola de Noroeste C2021 (izquierda) y CIRNO C2008 (derecha).

al de CENEB Oro C2017. Otro parámetro importante de la calidad es el color de la sémola en la escala "b*", esta variedad alcanzó una lectura de 27.4 puntos, lo cual es superior en 2.1 puntos a la variedad CIRNO C2008 (Cuadro 1), pero menor que las variedades calidad Oro liberadas en el CENEB (Borbón-Gracia *et al.*, 2022).

Bajo diferentes condiciones de riego, Noroeste C2021 superó en 10.4, 11.8 y 9.1 % el rendimiento de CIRNO C2008 cuando se aplicaron dos, tres y cuatro riegos de auxilio, respectivamente (Cuadro 2). Otro factor importante es la fecha de siembra, clasificadas como tempranas, optimas y tardías, Noroeste C2021 alcanzó un rendimiento de 7515.6, 7510.8 y 6613.8 kg ha⁻¹, respectivamente, mostrando una tolerancia a las altas temperaturas en etapa vegetativa

durante fechas tempranas, así como en etapa reproductiva y llenado de grano (fechas tardías). En parcelas de validación establecidas con productores cooperantes en el Valle de Yaqui, Valle del Mayo, Región Fuerte Mayo y Valle del Fuerte, Noroeste C2021 mostró un excelente comportamiento alcanzando rendimientos promedio de 10144, 7791, 8307 y 9920 kg ha⁻¹, respectivamente, mostrando su potencial de rendimiento y alcanzando porcentajes del 1.9, 1.4, 6.8 y 13.9 por arriba de CIRNO C2008; además, Noroeste C2021 mostró resistencia a las razas del hongo *Puccinia triticina* E. causantes de la roya de la hoja en la región, con lecturas de 0 a 5R % de infección, lectura similar a las de Don Lupe Oro C2020 y CENEB Oro C2017, mientras que CIRNO C2008 presentó lecturas de 40S a 60S. La nueva variedad presenta resistencia al

Cuadro 1. Aspectos fisiológicos y calidad industrial de Noroeste C2021 durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 a 2021-2022, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Variedad	ESP	MF	AL (cm)	PH (kg hL ⁻¹)	PMG (g)	PG (%)	CS (b*)
Noroeste C2021	77.2a	122.6a	83.6b	83.9a	49.8d	11.8bc	27.4c
Don Lupe Oro C2020	75.7c	121.9ab	83.7b	82.5c	53.3b	11.7c	32.3a
CENEB Oro C2017	76.3b	120.9c	86.7a	83.1b	50.3cd	11.9b	31.5ab
Quetchehueca Oro C2013	76.2b	121.4bc	84.4b	82.9bc	51.5c	12.0b	30.5b
CIRNO C2008	77.4a	121.7b	81.2c	82.7cd	55.2a	12.3a	25.7c
DHS (0.05)	0.577	0.743	1.338	0.341	1.371	0.171	1.149

ESP: días a espigamiento, MF: días a madurez fisiológica, AL: altura, PH: peso hectolítrico, PMG: peso de mil granos, PG: proteína en grano, CS: color de sémola. DSH: diferencia significativa honesta. Promedios con la misma letra asignada no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05).

Cuadro 2. Rendimiento de grano de Noroeste C2021 y cuatro variedades testigo evaluadas en cuatro fechas de siembra y bajo tres condiciones de riego durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 al 2021-2022, en el CENEB, SEMAY, Valle del Carrizo y CEVAF.

Variedad	2RA		3RA		4RA		Promedio (kg ha ⁻¹)
	(kg ha ⁻¹)	(%)	(kg ha ⁻¹)	(%)	(kg ha ⁻¹)	(%)	
Noroeste C2021	6683.6		7658.5		7730.1		7379.0a
Don Lupe Oro C2020	6480.5	-3.1	7397.7	-3.4	7470.4	-3.4	7140.2b
CENEB Oro C2017	6311.1	-5.6	7373.6	-3.7	7154.4	-7.4	6932.3c
CIRNO C2008	5989.0	-10.4	6754.9	-11.8	7024.1	-9.1	6663.5d
Quetchehueca Oro C2013	6207.3	-7.1	6552.8	-14.4	6995.7	-9.5	6638.5d
DHS (0.05)							206.59

2RA: dos riegos de auxilio, 3RA: tres riegos de auxilio, 4RA: cuatro riegos de auxilio. DSH: diferencia significativa honesta. Promedios con la misma letra asignada no son estadísticamente diferentes (Tukey, P ≤ 0.05).

patógeno *Tilletia indica* Mitra, causante del carbón parcial, con promedio de 4.4 % de incidencia de granos infectados, similar a Quetchehueca Oro C2013 (Borbón-Gracia *et al.*, 2022) y menor del 5.7 % de CIRNO C2008 bajo inoculación artificial.

Con base en los coeficientes de adaptabilidad y estabilidad de Eberhart y Russell (1966) se puede evaluar el comportamiento de Noroeste C2021 de una forma precisa. Noroeste C2021 mostró buena adaptabilidad a condiciones de producción favorables, como son las condiciones de producción de Sinaloa, Sonora y Baja California, México, esta variedad obtuvo un coeficiente de regresión (b_i) de 1.32***, valor semejante al de CIRNO C2008 ($b_i = 1.28***$), y un valor de desviaciones de regresión (S^2_{di}) de -593,153, valor semejante al que registró CIRNO C2008 y menor al registrado por Quetchehueca Oro C2013 ($S^2_{di} = -385,831$ y $S^2_{di} = 8,303,573$). Con lo anterior, es posible concluir que Noroeste C2021 presenta una adaptabilidad y estabilidad en el noroeste de México, equivalente a la de CIRNO C2008 y mayor potencial de rendimiento.

Noroeste C2021 cuenta con el número de registro TRI-194-170222 en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas desde febrero 2022, y con el título de obtentor 2956 ante la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. El CENEB-INIFAP se encarga de

salvaguardar la semilla original. La semilla registrada se incrementó en el ciclo 2022-2023 por el Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora A. C., para ser comercializada en categoría certificada.

BIBLIOGRAFÍA

- Borbón-Gracia, A., H. L. Díaz-Ceniceros, G. Chávez-Villalba, K. Ammar, G. Fuentes-Dávila, J. I. Alvarado-Padilla y J. Huerta-Espino (2022) Don Lupe Oro C2020: nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 45:413-413, <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.413>
- CESAVESON, Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora (2022) Superficie con permiso de siembra de trigo por variedad 2021-2022. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. <https://cesaveson.com/uploads/permisos/Superficie%20con%20permisos%20de%20siembra%20por%20grupo%20de%20variedades%20de%20trigo/21-22Trigo.pdf> (Diciembre 2023).
- DRRY, Distrito de Riego del Río Yaqui (2024) Almacenamiento de presas. Aportaciones de la cuenca del Río Yaqui. Ciudad Obregón, Sonora, México. (Julio 2024).
- Eberhart S. A. and W. A. Russel (1966) Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40, <https://doi.org/10.2135/crops.c1966.0011183X000600010011x>
- Huerta-Espino J., H. E. Villaseñor-Mir, R. P. Singh, J. B. Pérez-López, K. Ammar, E. García-León and E. Solís-Moya (2017) Evaluation of lines and varieties of durum wheat to the leaf rust race BBG/BP-CIRNO caused by *Puccinia triticina* E. that defeats the resistance of CIRNO C2008. *Mexican Journal of Phytopathology* 35:S96-S97.
- 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/> (Noviembre 2023).