

Productividad de dos variedades comerciales de trigo harinero en el Valle del Yaqui, Sonora, México, durante el ciclo agrícola 2021-2022

Productivity of two bread wheat commercial cultivars in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico, during the crop season 2021-2022

DOI: 10.34188/bjaerv6n4-010

Recebimento dos originais: 05/08/2023

Aceitação para publicação: 30/09/2023

Ivón Alejandra Rosas-Jáuregui

Maestría en Parasitología Agrícola por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug

Dirección: km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000

Correo electrónico: rosas.ivon@inifap.gob.mx

Guillermo Fuentes-Dávila

Doctor en Fitopatología por la Universidad Estatal de Washington

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug

Dirección: km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000

Correo electrónico: fuentes.guillermo@inifap.gob.mx

José Luis Félix-Fuentes

Maestría en Recursos Naturales por el Instituto Tecnológico de Sonora

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug

Dirección: km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000

Correo electrónico: felix.joseluis@inifap.gob.mx

Alma Angélica Ortiz-Ávalos

Maestría en Ingeniería de Administración de Recursos Hidráulicos por el Instituto Tecnológico de Sonora

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug

Dirección: km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000

Correo electrónico: ortiz.alma@inifap.gob.mx

Juan Manuel Cortés-Jiménez

Doctor en Manejo y Conservación de Recursos Naturales por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug

Dirección: km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México CP 85000

Correo electrónico: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

María Monserrat Torres-Cruz

Maestría en Tecnologías de Información para los Negocios por el Instituto Tecnológico de Sonora
Institución: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Norman E. Borlaug
Dirección: km 12 Norman E. Borlaug, entre 800 y 900, Valle del Yaqui, Cd. Obregón, Sonora, México CP
85000
Correo electrónico: tmonserrat90@gmail.com

RESUMEN

En México, el trigo es un cereal imprescindible en la dieta de su población, debido a su gran aporte nutricional y su bajo costo; su producción se realiza bajo condiciones de riego y temporal, y casi el 90% de la producción se concentra en los estados de Sonora, Guanajuato, Sinaloa, Baja California, Jalisco y Chihuahua. En este trabajo se evaluó el potencial de rendimiento de grano de la variedad comercial más reciente liberada de trigo harinero CIANO M2018 y el testigo Borlaug 100, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022. La fecha de siembra fue el 02 de diciembre del 2021 en la Estación Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui, Sonora, México. Las parcelas experimentales consistieron en dos camas de 3 m de longitud con dos hileras, separadas a 0.80 m, con tres repeticiones. La densidad de siembra fue de 100 kg ha⁻¹. La fertilización consistió en 150 kg ha⁻¹ de urea en pre-siembra y luego se aplicó un riego para la germinación de la semilla y tres riegos complementarios durante el ciclo; antes del primer riego complementario, se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de urea y fósforo, y 100 kg ha⁻¹ de urea antes del segundo riego. La variedad Borlaug 100 superó a CIANO M2018 en peso promedio de espiga con un valor de 3.40 g, peso promedio de granos por espiga con 3.19 g, longitud de grano con un promedio de 0.68 cm y peso promedio de mil granos con 63.8 g, mientras que CIANO M2018 solo fue superior en longitud de espiga con 9.74 cm. El número de granos por espiga de las dos variedades fue el mismo (51), mientras que en rendimiento de grano, Borlaug presentó 9.34 t ha⁻¹ superando por 1,470 kg a CIANO M2018, por lo que Borlaug 100 continúa siendo una excelente opción para los productores de trigo del sur del estado de Sonora.

Palabras clave: Trigo harinero, *Triticum aestivum*, CIANO M20218, Borlaug 100, Rendimiento de grano.

ABSTRACT

In Mexico, wheat is an essential cereal in the population diet, due to its nutritional contribution and low cost; wheat production is carried out under irrigated and rainfed conditions, and almost 90% of the production is concentrated in the states of Sonora, Guanajuato, Sinaloa, Baja California, Jalisco y Chihuahua. In this work, grain yield potential of the most recently released bread wheat commercial cultivar CIANO C2018 was evaluated, as well as the check Borlaug 100, during the crop season 2021-2022. Sowing was carried out on December 02, 2021, at the Norman E. Borlaug Experimental Station, in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Experimental plots consisted of two beds 3 m long with two rows and with 0.80 m of separation, and with three replications. Seed density was 100 kg ha⁻¹, and fertilization consisted of 150 kg ha⁻¹ of urea applied before sowing; an irrigation was applied for seed germination and three other complementary irrigations were applied during the season. Before the first complementary irrigation, 100 kg ha⁻¹ of urea and phosphorus were applied, and 100 kg ha⁻¹ of urea before the second complementary irrigation. Borlaug 100 was superior than CIANO M2018 in average spike weight with a value of 3.40 g, avg weight of grains per spike with 3.19 g, avg grain length with 0.68 cm, and avg a thousand grain weight with 63.8 g, while CIANO M2018 overcame Borlaug 100 in only spike length with 9.74 cm. The number of grains per spike (51) was similar in both cultivars, while in grain yield Borlaug 100 showed 9.34 t ha⁻¹, being 1,470 kg superior to CIANO M2018; therefore, Borlaug 100 continues being an excellent option for wheat producers in southern Sonora.

Keywords: Bread wheat, *Triticum aestivum*, CIANO M20218, Borlaug 100, Grain yield.

1 INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum* spp.) es uno de los tres granos básicos más importantes a nivel mundial, que junto con el arroz (*Oryza sativa* L.) y el maíz (*Zea mays* L.) forman parte de la dieta en la población humana, proporcionando aproximadamente un quinto de la entrada calórica total (Reynolds *et al.*, 2013). El trigo es el cultivo más ampliamente sembrado en aproximadamente 220 millones de hectáreas, siendo China, India, Rusia y Estados Unidos los principales países productores (FAO, 2021). México se encuentra en el puesto número 29 en la producción a nivel mundial con 3,862,914 millones de toneladas. En este país, el trigo es considerado como uno de los granos imprescindibles de la dieta de los mexicanos, debido a su gran aporte nutricional y su bajo costo, estando disponible tanto para personas de escasos recursos de zonas rurales como de zonas urbanas (Morales *et al.*, 2014). La producción de trigo a nivel nacional se realiza bajo condiciones de riego y temporal; casi el 90% de la producción se concentra en los estados de Sonora, Guanajuato, Sinaloa, Baja California, Jalisco y Chihuahua (SIAP, 2022). La demanda de grano de trigo harinero y trigo cristalino en el país es contrastante, mientras que el cristalino tiene una sobreproducción y su excedente es exportado, se tiene un déficit muy alto de trigo harinero, por lo que se tiene que recurrir a la importación (Villaseñor-Mir *et al.*, 2011). En el ciclo agrícola otoño-invierno 2020-2021 se produjeron 1.4 millones de toneladas de trigo harinero, el cual es un insumo fundamental para la panificación industrial mexicana, pero se tuvieron que importar aproximadamente 4,793,000 t, y en los dos últimos años, se tuvo que importar alrededor de 5,181,000 t (SIAP, 2023). Una explicación en el aumento de las importaciones de trigo harinero, es atribuible a que en la región noroeste, parte de las áreas irrigadas donde se cultiva trigo se encuentra cuarentenada por la presencia de carbón parcial (*Tilletia indica* Mitra), que aunque sí afecta al trigo cristalino, los trigos harineros muestran mayor susceptibilidad (Fuentes-Dávila *et al.*, 1993). La preferencia por la especie cultivada de trigo difiere por región; el trigo cristalino prevalece en el noroeste debido a sus altos rendimientos, resistencia a enfermedades y a la aceptación que éste tiene en el mercado internacional (Fuentes-Dávila *et al.*, 2014). En la región de El Bajío se prefiere al trigo harinero suave (Solís Moya *et al.*, 2009), y en el Norte el harinero panificable (Huerta-Espino *et al.*, 2011). Borlaug 100 (Camacho-Casas *et al.*, 2017) es la variedad más utilizada por los productores en el estado de Sonora; en el ciclo agrícola 2019-2020 se establecieron 94,865.61 ha de trigo harinero, de las cuales el 88.9% de la superficie fue cubierta por dicha variedad (CESAVESON, 2020), en el 2020-2021 se establecieron 42,694.86 ha de trigo harinero, de las cuales el 86.38% de la superficie fue cubierta por Borlaug 100 (CESAVESON, 2021), y en el 2021-2022, de 40,376.46 ha establecidas de trigo harinero, el 91.7% de la superficie fue cubierta por esta misma variedad (CESAVESON, 2022). Borlaug 100 ha mostrado estabilidad en rendimiento, es moderadamente

susceptible al carbón parcial (*Tilletia indica* Mitra) y es resistente a la roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriks.) y a la roya lineal o amarilla (*Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriks.) (Camacho-Casas *et al.*, 2017). Durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022, el porcentaje del área sembrada con otras variedades de trigo harinero en el sur de Sonora fue: Onavas F2009 (Figuroa-López *et al.*, 2013) 3.03%, RSM Norman F2008 (RSI, 2023) 2.26%, Tacupeto F2001 (Camacho-Casas *et al.*, 2003) 0.63%, CIANO M2018 0.37% (Chávez Villalba *et al.*, 2021) y Roelfs F2007 (Figuroa-López *et al.*, 2011) 0.01%. A pesar de que CIANO M2018 fue liberada en el 2018 y que se reportó que en ensayos experimentales durante los ciclos agrícolas 2017-2018 al 2019-2020, superó a Borlaug 100 en rendimiento de grano en 1.58 y 6.27% con dos y cuatro riegos de auxilio, respectivamente (Chávez Villalba *et al.*, 2021), no ha ocupado más de 125 ha de siembra comercial en Sonora; esto no contribuye al incremento del mosaico genético en la región para resistencia a las royas, ni tampoco al esfuerzo e interés del gobierno federal por aumentar la producción nacional de trigo harinero, con el fin de reducir la importación, ya que el en país se consume en promedio 61.4 kg per cápita al año (SADER, 2023). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue comparar el rendimiento de grano y sus componentes, de las dos variedades comerciales de trigo harinero más importantes en el sur de Sonora, durante el ciclo 2021-2022.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se llevó a cabo en la Estación Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), ubicado en block 910 del Valle del Yaqui en el estado de Sonora, México (27°22'3.01" N y 109°55'40.22" W; 37 msnm) durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022. Esta región del sur de Sonora se caracteriza por presentar un clima seco cálido (BW (h)) y calor extremo (BSo) según la clasificación de Köppen, modificada por García (2004). Las variedades de trigo harinero CIANO M2018 y Borlaug 100, se evaluaron para determinar los siguientes componentes de rendimiento: peso de espiga (g), longitud de espiga (cm), número de granos por espiga, peso de granos por espiga (g), longitud de grano (cm), peso de mil granos (g), y rendimiento de grano por parcela ($t\ ha^{-1}$). El pedigrí e historial de selección de las variedades se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Variedades comerciales de trigo harinero evaluadas en la Estación Experimental Norman E. Borlaug, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022, en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Variedad	Pedigrí e historial de selección
CIANO M2018	STLN/MUNAL#1//2*BORL14 CMSS12B00828T-099TOPY-099M-0SY-42M-0WGY-300Y.
Borlaug 100	ROELFS07/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/FRET2/ TUKURU//FRET2 CMSS06Y00605T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-11WGY-0B

La fecha de siembra fue el 02 de diciembre de 2021, las parcelas consistieron en dos camas de 3 m de largo, separadas a 0.80 m, con dos hileras, distribuidas al azar con tres repeticiones, y la densidad de siembra fue de 100 kg ha⁻¹. La fertilización consistió en 150 kg ha⁻¹ de urea en pre-siembra. Se aplicó un riego para la germinación de la semilla y tres complementarios durante el ciclo; antes del primer riego complementario, se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de urea y fósforo y 100 kg ha⁻¹ de urea antes del segundo riego. Durante el desarrollo del cultivo se utilizaron herbicidas para el control de maleza de hoja ancha, Full-mina 4 (Corteva, 2021a) y Starane Ultra (300 mL ha⁻¹) (Corteva, 2021b) en la etapa de amacollamiento (etapa 24, Zadoks *et al.*, 1974), y para el control de hoja angosta se usó Axial XL (400 mL ha⁻¹) (Syngenta, 2021) en etapa de alargamiento de tallo (etapa 35, Zadoks). El control del pulgón del follaje (*Schizaphis graminum* Rondani) se llevó a cabo mediante productos de origen orgánico Nim-Canela (1000 mL ha⁻¹) (Bionutra, 2021) en etapa de espigamiento (etapa 51, Zadoks); al no observar un control de la plaga, se optó por utilizar el insecticida Muralla Max (200 mL ha⁻¹) (Bayer, 2021) entrando en etapa de floración (etapa 65, Zadoks). La cosecha se realizó manualmente con hoz y la trilla con una trilladora de planta individual, así como con una trilladora estacionaria Pullman. Para el peso y longitud de espigas, número y peso de granos por espiga se seleccionaron 10 espigas por repetición; el peso de mil granos se determinó mediante la cuantificación y peso de los mismos. El rendimiento de grano por parcela se estimó a partir de una parcela por repetición. También se consultaron los registros de temperatura, humedad relativa y horas frío de Diciembre 1, 2021 a Abril 30, 2022, los cuales se obtuvieron en formato horario de la estación climatológica CIANO-910, ubicada en el CENEB, y que pertenece a la red automatizada de estaciones climatológicas de Sonora (REMAS, 2022). Las horas frío se consideraron como las horas en que la temperatura estuvo por debajo de los 10°C (Félix-Valencia *et al.*, 2009).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a Chávez-Villalba *et al.* (2021), la variedad CIANO M2018 es más tardía con floración a los 80 días que la variedad Borlaug100 con 74 días, y con madurez fisiológica a los 123 y 118 días, respectivamente, mientras que el peso hectolítrico es de 81.9 y 81.4 kg hl⁻¹, y 12.4 y

12.3% de proteína en grano, respectivamente. La longitud promedio de la espiga de CIANO M2018 fue de 9.74 cm (Tabla 2) con un rango de 8.1-11.6, mientras que la variedad Borlaug 100 presentó un promedio de 9.73 cm con un rango de 7.1-12.5. El peso promedio de la espiga de la primera variedad fue de 3.27 g con un rango de 1.53-5.58, mientras que la segunda presentó un promedio de 3.40 g con un rango de 2.05-5.94.

Tabla 2. Valores promedio de cinco componentes de rendimiento de dos variedades de trigo harinero, en el Campo Experimental Norman E. Borlaug durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022, en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Variedad	Longitud de espiga (cm)	Peso de espiga (g)	Número de granos por espiga	Peso de granos (g) por espiga	Longitud del grano (cm)
CIANO M2018	9.74	3.27	51	2.98	0.66
Borlaug 100	9.73	3.40	51	3.19	0.68

En cuanto al número de granos por espiga, las dos variedades presentaron el mismo valor promedio de 51, pero CIANO M2018 tuvo un rango de 32-83 y Borlaug 100 34-75; el número de granos logrado está estrechamente relacionado al rendimiento y es muy dependiente de las prácticas agronómicas, en tanto el peso de los granos depende más de las condiciones climáticas durante su formación y está estrechamente relacionado al tamaño del mismo, por lo que el registro del peso de un número estándar o volumen de granos es práctico e informativo (Whan *et al.*, 2014). El aumento en el número de granos no se traduce en forma directa en rendimiento; en parte porque al incrementar los granos formados es mayor la competencia y tienden a ser más chicos. Otra causa posible es que, con poblaciones de espigas altas, la proporción de granos que provienen de zonas distales de la espiga, que son de menor tamaño, es mayor que la de los originados en el medio de la espiga (más pesados) (García, 2017). El mayor peso promedio de granos por espiga lo mostró la variedad Borlaug 100 con 3.19 g con un rango de 1.65-5.81, mientras que CIANO M2018 presentó un promedio de 2.98 g con un rango de 1.5-5.25. Borlaug 100 también superó a CIANO M2018 en longitud de grano, con un promedio de 0.68 cm y rango de 0.6-0.8, mientras que la segunda variedad presentó un promedio de 0.66 cm y un rango de 0.5-0.8. El tamaño y la morfología del grano son rasgos importantes que impactan el rendimiento y la calidad de la molienda (Williams *et al.*, 2012; Williams y Sorrells, 2014); el tamaño también contribuye en el vigor de germinación (Whan *et al.*, 2014).

El peso promedio de mil granos de CIANO M2018 fue 54.9 g con un rango de 53.3-55.7 g, mientras que el promedio para Borlaug 100 fue 63.80 g con un rango de 56.9-78.9 g. Baillot *et al.* (2018) mencionan que el peso de mil granos es uno de los componentes que determinan el rendimiento de grano en trigo; representa el valor promedio del peso individual del grano, el cual depende de su posición dentro de la espiga y de su posición dentro de la espiguilla. Este parámetro,

así como el peso hectolítrico se utilizan comúnmente, ya que es un proceso rápido y poco propenso a errores, sin embargo, no proporcionan información sobre la variación dentro de una muestra (Whan *et al.*, 2014). En cuanto al rendimiento de grano, Chávez *et al.* (2021) reportaron que CIANO M2018 superó a Borlaug 100 en rendimiento con dos y cuatro riegos de auxilio en 1.58 y 6.27% en promedio de tres años de evaluación en el Campo Experimental Norman E. Borlaug en el Valle del Yaqui; también, con riego completo, CIANO M2018 superó el rendimiento de Borlaug 100 en 7.19, 3.25 y 4.90 % en los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California, respectivamente. Sin embargo, en el presente trabajo, al igual que en el peso promedio de la espiga, peso promedio de granos por espiga, longitud promedio de grano y peso promedio de mil granos, Borlaug 100 superó a CIANO M2018 con 1,470 kg ha⁻¹, obteniendo un rendimiento de 9.34 t ha⁻¹, mientras que CIANO M2018 obtuvo un rendimiento de 7.87 t ha⁻¹. Durante el ciclo del cultivo ocurren dos procesos simultáneos: crecimiento y desarrollo. El crecimiento involucra aumento de la biomasa, mientras que el desarrollo hace referencia a la sucesión de estados morfológicos o fisiológicos que se presentan durante el ciclo de vida del cultivo. Ambos procesos están regulados genéticamente e influenciados por el ambiente. Por ello, el patrón de crecimiento y la sucesión de los estados de desarrollo (fenología) puede diferir entre variedades y, dentro de ellas, según las condiciones ambientales (Abbate y Divito, 2017). Por otra parte, García (2017) considera que el rendimiento del trigo se construye a partir del número de granos por unidad de área y el peso de los granos. El número de granos logrado está estrechamente relacionado al rendimiento y es muy dependiente de las prácticas agronómicas, en tanto el peso de los granos depende más de las condiciones climáticas durante su formación. Félix-Fuentes *et al.* (2022) mencionan que la variedad Borlaug 100 cuenta características sobresalientes que pueden servir de base para la incorporación de rasgos heredables a nuevos materiales de trigo, que varían desde genes de resistencia a enfermedades, alta calidad industrial, buen porte o visualmente estético del genotipo.

El ciclo agrícola 2021-2022 tuvo condiciones climáticas favorables para el buen desarrollo del cultivo, y propiciar un buen rendimiento de grano (Figura 1). Durante el mes de diciembre 2021, la temperatura promedio fue de 17.76°C, luego en enero, febrero y marzo de 2022 descendió con promedios de 16.15, 15 y 16.82°C, respectivamente. La temperatura promedio mínima mensual osciló entre 2.36 y 8.77 °C, mientras que la máxima entre 29.71 y 36.39°C. El número total de horas frío fue de 589, a partir de la segunda quincena de diciembre el número se incrementó gradualmente hasta febrero, cuyo máximo fue 207 (Figura 2) a diferencia del ciclo agrícola 2020-2021, donde el máximo de horas frío se registró en enero (Torres-Cruz *et al.*, 2022); la acumulación de horas frío favorecieron el buen amacollamiento y el desarrollo normal del cultivo; conforme se incrementan las horas frío, los procesos fisiológicos de la planta se llevan a cabo más lentamente y

consecuentemente el período de crecimiento se extiende, lo que generalmente propicia un rendimiento de grano mayor (Félix-Valencia *et al.*, 2009).

Figura 1. Temperatura promedio, máxima y mínima, registrada por la estación climatológica CIANO-910, instalada en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022.

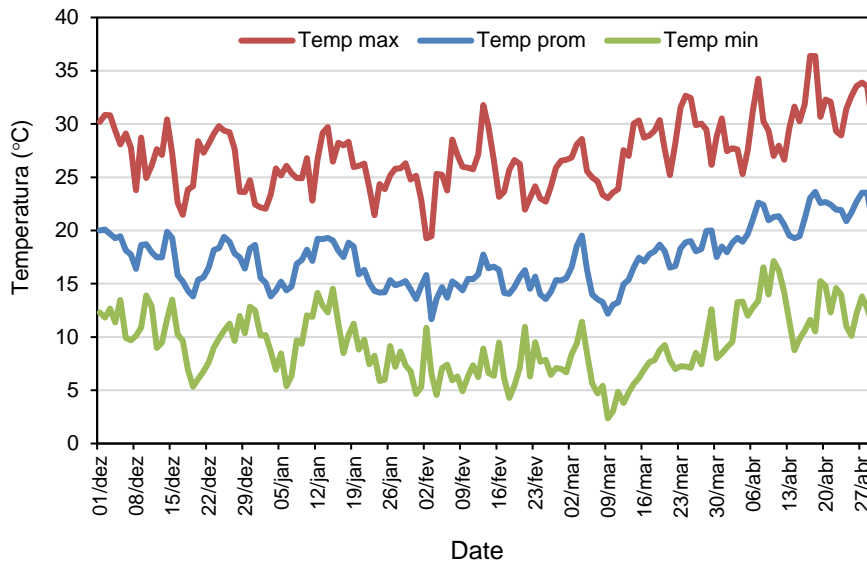
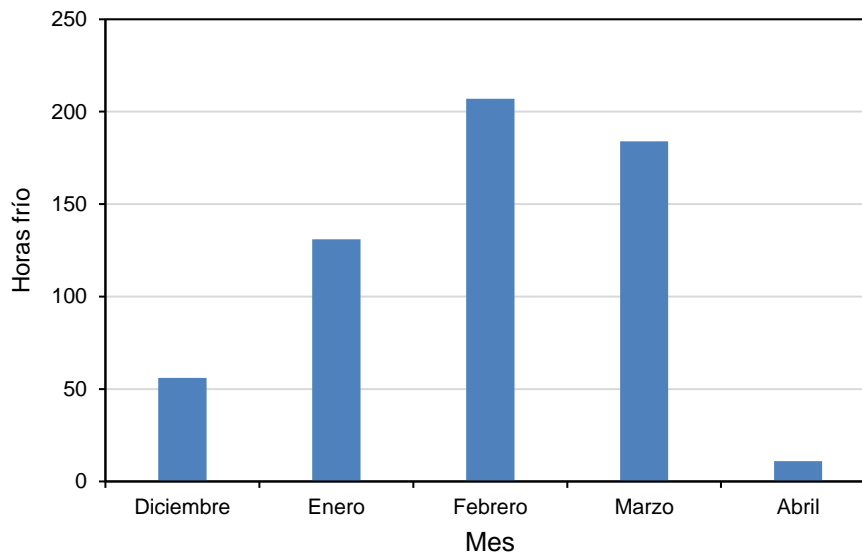


Figura 2. Horas frío registradas mensualmente por la estación climatológica CIANO-910, instalada en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2021-2022.



La humedad relativa promedio en diciembre fue de 65.15%, 67.91 en enero que fue el promedio más alto, 65.37% en febrero, 61.10 en marzo y 62.31% en abril. Durante el ciclo, la precipitación acumulada fue de 17.5 mm, siendo el mes de diciembre donde hubo mayor registro de lluvia con 15 mm.

4 CONCLUSIONES

La variedad de trigo harinero Borlaug 100 superó a la variedad CIANO M2018 en las variables de peso de espiga, peso de grano por espiga, longitud de grano y peso de mil granos.

En rendimiento, Borlaug 100 produjo un rendimiento de grano de 9.34 t ha^{-1} , siendo superior a CIANO M2018 en 1.47 t ha^{-1} .

La evaluación de las dos variedades tuvo como limitante el que el trabajo se llevó a cabo en sólo una localidad del sur de Sonora, por lo que debe incrementarse el número de localidades en la región para que tenga mayor impacto la comparación.

Aunque la variedad Borlaug 100 sigue siendo una buena opción de trigo harinero para los productores del sur de Sonora en México, se debe dar mayor inversión económica y esfuerzo, a la diversificación de la base genética de resistencia a las royas y al carbón parcial para evitar posibles epifitias que afectarían la economía de los productores, de la región y del país.

REFERENCIAS

Abbate, P.; y Divito, G. 2017. Como crece y se desarrolla el cultivo de trigo. En G. Divito, y F. García, Manual del cultivo de trigo (pp. 22-32). International Plant Nutrition Institute. Buenos Aires, Argentina.

Baillet, N; Girousse, C; Allard, V; Piquet-Pissaloux, A; Le Gouis, J. 2018. Different grain-filling rates explain grain-weight differences along the wheat ear. PLOS ONE 13(12): e0209597. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209597>.

Bayer de México, S.A. DE C.V. 2021. Muralla Max 300 OD. Hoja de seguridad. <https://www.quimagro.com.mx/web/content/14582/Muralla-Max-Ficha-tecnica.pdf>. Consultado el 9 de octubre de 2021.

Bionutra S.A. de C.V. 2021. Neem Canela. hoja de seguridad. https://pnm.com.mx/wp-content/uploads/2020/12/FT_NeemCanela.pdf. Consultado el 14 de octubre de 2021.

Camacho-Casas, MA; Chávez-Villalba, G; Fuentes-Dávila, G; Figueroa-López, P; Huerta-Espino, J; Villaseñor-Mir, HE; y Ortiz-Monasterio, JI. 2017. Borlaug 100: Variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Folleto Técnico No. 100. Campo Experimental Norman E. Borlaug, INIFAP. Ciudad Obregón, Sonora, México. 32 p.

Camacho-Casas, MA; Singh, RP; Figueroa-López, P; Huerta-Espino, J; Fuentes-Dávila, G; y Ortiz-Monasterio Rosas, I. 2003. Tacupeto F2001: nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Folleto Técnico Número 50, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Campo Experimental Valle del Yaqui. Ciudad Obregón, Sonora, México. 20 p.

CESAVESON (Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Sonora). 2020. Superficie con permiso de siembra por variedad. Disponible en: <https://osiap.org.mx/senasica/quienes-estado/sonora/Agricola>.

CESAVESON (Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Sonora). 2021. Superficie con permiso de siembra por variedad. Disponible en: <https://osiap.org.mx/senasica/quienes-estado/sonora/Agricola>.

CESAVESON (Comité de Sanidad Vegetal del Estado de Sonora). 2022. Superficie con permiso de siembra por variedad. Disponible en: <https://osiap.org.mx/senasica/quienes-estado/sonora/Agricola>.

Chávez-Villalba, G; Borbón-Gracia, A; Díaz-Cisneros, HL; Alvarado-Padilla, JI; Huerta-Espino, J; García-León, E; y Fuentes-Dávila, G. 2021. CIANO M2018: Nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 44 (3): 477-479. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.3.477>.

Corteva Agriscience México. 2021a. Full-Mina 4. Hoja de seguridad. <https://www.corteva.mx/content/dam/dpagco/corteva/la/mesoandean/mx/es/products/files/FULLMINA4%20E TIQUETA%20WEB.pdf>. Consultado el 9 de octubre de 2021.

Corteva Agriscience México. 2021b. Folleto técnico. <https://www.corteva.mx/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/starane-ultra.html>. Consultado el 10 de octubre de 2021.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria #4, diciembre 2020. Perspectivas de Cosechas y Situación Alimentaria #4, diciembre 2020. <https://doi.org/10.4060/cb2334es>.

Félix-Fuentes, JL; Fuentes-Dávila, G; Rosas-Jáuregui, IA; Cortes-Jiménez, JM; Ortiz-Avalos, AA; y Ortiz-Enríquez, JE. 2022. Caracterización fenotípica y molecular de la variedad de trigo harinero Borlaug 100. Atena. Desemvolvimento da paquisa científica, tecnologia e inovacao na agronomia 3. 12 p. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.7772223061>.

Félix-Valencia, P; Ortiz-Enríquez, JE; Fuentes-Dávila, G; Quintana-Quiróz, JG; y Grageda-Grageda, J. 2009. Horas de frío en relación con el rendimiento del trigo: zonas productoras del estado de Sonora. INIFAP, Centro de Investigaciones Regional Noroeste, Estación Experimental Valle del Yaqui. Folleto técnico No. 63. Cd. Obregón, Sonora, México. 40 p.

Figuroa-López P; Fuentes-Dávila G; Valenzuela-Herrera V; Chávez-Villalba G; Félix-Fuentes JL; y Mendoza-Lugo JA. 2011. Roelfs F2007, nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana 34(3):221-223.

Figuroa-López, P; Fuentes-Dávila, G; Valenzuela-Herrera, V; Chávez-Villalba, G; Félix-Fuentes, JL; y Mendoza-Lugo, JA. 2013. Ónavas F2009, variedad de trigo harinero para el noroeste de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4(1):175-179.

Fuentes-Dávila, G; Figuroa-López, P; Camacho-Casas, MA; Chávez-Villalba, G; y Félix-Fuentes, JL. 2014. Quetchehueca Oro C2013, nueva variedad de trigo cristalino para el noroeste de México. Revista Fitotecnia Mexicana 37(4):399-401. Disponible en: [Chromeextension://efaidnbmnbbkqplcpelpj/https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-4/11a.pdf](chromeextension://efaidnbmnbbkqplcpelpj).

Fuentes-Davila, G; Rajaram, S; Pfeiffer, WH; Abdalla, O; Van-Ginkel, M; Mujeeb-Kazi, A; y Rodríguez-Ramos, R. 1993. Resultados de inoculaciones artificiales del 5o vivero de selección para Resistencia a *Tilletia indica* Mitra. Revista Mexicana de Micología 9:57-65.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Libros número 6. México, D.F. 90 p. Disponible en: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>.

García, A. 2017. Densidad de siembra en trigo. Revista INIA 6(49):17-22. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6965/1/revista-INIA-49.p17-22.pdf>.

Huerta-Espino, J; Villaseñor-Mir, HE; Espitia-Rangel, E; Solis-Moya, E; and van Ginkel, M. 2011. The history of wheat breeding in Mexico. In: The World Wheat Book. A History of Wheat Breeding. Vol. 2. A.P. Bonjean, W.J. Angus, and M. van Ginkel (eds.). Editions Tec & Doc. Paris, France. pp: 277-308.

Morales, V; Martínez, E; y Fajardo, DSG. 2014. Calidad de harina y masa de trigo harinero de temporal. In: Ciencias Agropecuarias Handbook T-II: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos (pp. 70-80). ECORFAN. Valle de Santiago, Guanajuato, México. Disponible en: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencia%20Agropecuarias%20T-II/Articulo_8.pdf.

REMAS (Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas de Sonora). 2022. Descargar datos. Disponible en: <http://www.siafeson.com/remas/>.

Reynolds, MP; Pask, AJD; Mullan, DM; y Chávez, DPN. (Eds.). 2013. Fitomejoramiento fisiológico I: enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. CIMMYT. México. 174 p. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10883/3207>.

RSI (Resource Seeds International). 2023. RSM Norman F2008. Variedad de trigo harinero (*Triticum aestivum*), de alto rendimiento. Disponible en: <http://resourceedsinternational.com.mx/products.html>.

SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2023. Despliega Agricultura programas y acciones para impulsar la producción de trigo, segundo cereal más consumido en México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/despliega-agricultura-programas-y-acciones-para-impulsar-la-produccion-de-trigo-segundo-cereal-mas-consumido-en-mexico?idiom=es>.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Producción Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/>. Consultado el 15 de julio de 2023.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Escenario mensual de productos agroalimentarios. <https://www.gob.mx/siap/>. Consultado el 28 de septiembre de 2023.

Solís Moya, E; Huerta Espino, J; Ireta Moreno, J; Sánchez de la Cruz, R; Villaseñor Mir, HE; Espitia Rangel, E; y Ramírez Ramírez, A. 2009. Josecha F2007, nueva variedad de trigo harinero para la región de El Bajío y zonas de riego del norte de México. *Agricultura Técnica en México* 35(4):475-479.

SYNGENTA México. 2021. Axial XL. Hoja de seguridad. https://www.syngenta.com.mx/sites/g/files/zhg501/f/media/2019/09/07/axial_xl.pdf?token=1567883834. Consultado el 14 de octubre, 2021.

Torres-Cruz, MM; Félix-Valencia, P; and Fuentes-Dávila, G. 2022. Leaf area index and grain yield of durum wheat in southern Sonora, Mexico, during the season 2020-2021. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch* 7(6):253-268. <https://doi.org/10.35410/IJAEB.2022.5788>.

Villaseñor-Mir, HE; Limón-Ortega, A; Rodríguez-García, MF; Martínez-Cruz, E; Santa-Rosa, RH; y Mariscal-Amaro, LA. 2011. Evaluación bajo condiciones de temporal de variedades de trigo macarronero generadas para riego. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(5):759-764. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000500010.

Whan, AP; Smith, AB; Cavanagh, CR; Ral, JPF.; Shaw, LM; Howitt, CA; and Bischof, L. 2014. GrainScan: a low cost; fast method for grain size and colour measurements. *Plant Methods* 10(23):1-10. DOI:10.1186/1746-4811-10-23.

Williams, K; Munkvold, J; and Sorrells, ME. 2012. Comparison of digital image analysis using elliptic Fourier descriptors and major dimensions to phenotype seed shape in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 190(1):99-116. DOI:10.1007/s10681-012-0783-0.

Williams, K; and Sorrells, ME. 2014. Three-dimensional seed size and shape QTL in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) populations. Crop Science Society of America 54:98-110. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.10.0609>.

Zadoks, J.; Chang, T.; and Konzak C. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14:415-421. doi.org/10.1111/j.13653180.1974.tb01084.x.