

Calidad industrial de genotipos de trigo duro (*Triticum Durum* Desf.) para el sur de Sonora ciclo 2023-2024

Qualidade industrial de genótipos de trigo duro (*Triticum Durum* Desf.) para o ciclo de Sonora sul 2023-2024

Industrial quality of durum wheat genotypes (*Triticum Durum* Desf.) for Southern Sonora Cycle 2023-2024

DOI: 10.34188/bjaerv8n3-121

Submetido: 30-05-2025

Aprovado: 15-06-2025

Gabriela Chávez Villalba

Maestría en Ciencias Agropecuarias por la Universidad de Sonora
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Norman E. Borlaug
Sonora. México
Correo electrónico: chavez.gabriela@inifap.gob.mx

Alberto Borbón Gracia

Doctorado en Ciencias Agropecuarias por la Universidad Autónoma de Sinaloa
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Norman E. Borlaug
Sonora. México
Correo electrónico: borbon.alberto@inifap.gob.mx

Jorge Iván Alvarado Padilla

Maestría en Ciencias Agropecuarias por el Instituto Tecnológico El Llano Aguas Calientes
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Valle de Mexicali
Baja California. México
Correo electrónico: alvarado.jorge@inifap.gob.mx

José Ángel Marroquín Morales*

Maestría en Ciencias en Ingeniería en Sistemas de Producción por la Universidad Autónoma
Agraria Antonio Narro
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental
Norman E. Borlaug
Sonora. México
Correo electrónico: marroquin.jose@inifap.gob.mx

* Autor de correspondencia

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de las características de calidad industrial en siete genotipos de trigo duro cultivados en cuatro fechas de siembra y tres modalidades de riego en cada fecha de siembra. El ensayo se integró por cinco variedades comerciales: CIRNO C2008, Don Lupe C2020, Noroeste C2021, Roely HPC2024 y Tarro Oro C2024 y dos líneas experimentales. Se evaluaron en un diseño bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 5.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.80 m y una densidad de 100 kg ha⁻¹. Se registraron las variables porcentaje de proteína en grano (PG), Índice de gluten (IG) e índice de color amarillo en sémolas de 250 micrometros (ICA). Se realizó un análisis de varianza, con el paquete estadístico Infostat y la comparación de medias con la prueba Tukey ($p < 0.05$). El contenido de proteína más alto lo mostró Roely Hp C2024, superando el 12.04% de la variedad testigo CIRNO C2008. El índice de gluten osciló entre 27.8 y 56.93 para Don Lupe C2020 y la línea experimental DW 6, mientras que el ICA de todos los genotipos superan el 25.08 de CIRNO C2008, variedad mas sembrada en el noroeste de México. Estos resultados muestran que en el contenido de PG, el factor genotipo fue el más importante. La reducción de riegos incrementó el ICA y hasta cierto nivel aumentó el contenido de PG, esto es importante considerando que el agua es uno de los principales factores que limitan el rendimiento, la cantidad y calidad de las proteínas. Los nuevos genotipos muestran mejor desempeño en calidad industrial que CIRNO C2008, Don Lupe C2020 y Noroeste C2021.

Palabras clave: *Triticum durum* Desf., calidad industrial, riegos

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de características de qualidade industrial em sete genótipos de trigo duro cultivados sob quatro épocas de plantio e três modos de irrigação. O ensaio foi composto por cinco variedades comerciais: CIRNO C2008, Don Lupe C2020, Noroeste C2021, Roely HPC2024 e Tarro Oro C2024, e duas linhagens experimentais. Elas foram avaliadas em um delineamento de blocos casualizados com três repetições. A unidade experimental foi composta por quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, com espaçamento entre fileiras de 0,80 m e densidade de 100 kg ha⁻¹. As variáveis porcentagem de proteína do grão (GP), índice de glúten (IG) e índice de amarelecimento da semolina de 250 microns (ICA) foram registradas. Uma análise de variância foi realizada usando o pacote estatístico Infostat, e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey ($p < 0,05$). O maior teor de proteína foi apresentado pela variedade Roely Hp C2024, superando os 12,04% da variedade controle CIRNO C2008. O índice de glúten variou de 27,8 a 56,93 para Don Lupe C2020 e a linha experimental DW 6, enquanto o índice IG (IG) de todos os genótipos excedeu os 25,08 de CIRNO C2008, a variedade mais amplamente plantada no noroeste do México. Esses resultados mostram que o genótipo foi o fator mais importante no teor de PG. A redução da irrigação aumentou o índice IG (IG) e, em certa medida, aumentou o teor de PG. Isso é importante considerando que a água é um dos principais fatores que limitam o rendimento, a quantidade e a qualidade da proteína. Os novos genótipos apresentaram melhor desempenho em qualidade industrial do que CIRNO C2008, Don Lupe C2020 e Noroeste C2021.

Palavras-chave: *Triticum durum* Desf., qualidade industrial, irrigação

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance of industrial quality traits in seven durum wheat genotypes grown under four planting dates and three irrigation modes. The trial consisted of five commercial varieties: CIRNO C2008, Don Lupe C2020, Noroeste C2021, Roely HPC2024, and Tarro Oro C2024, and two experimental lines. They were evaluated in a randomized complete block design with three replicates. The experimental unit consisted of four rows 5.0 m long, with a row spacing of 0.80 m, and a density of 100 kg ha⁻¹. The variables grain protein

percentage (GP), gluten index (GI), and 250-micron semolina yellowness index (ICA) were recorded. An analysis of variance was performed using the Infostat statistical package, and means were compared using the Tukey test ($p < 0.05$). The highest protein content was shown by Roely Hp C2024, exceeding the 12.04% of the control variety CIRNO C2008. The gluten index ranged from 27.8 to 56.93 for Don Lupe C2020 and the experimental line DW 6, while the GI index (GI) of all genotypes exceeded the 25.08 of CIRNO C2008, the most widely planted variety in northwestern Mexico. These results show that genotype was the most important factor in PG content. Irrigation reduction increased GI index (GI) and, to a certain extent, increased PG content. This is important considering that water is one of the main factors limiting protein yield, quantity, and quality. The new genotypes showed better performance in industrial quality than CIRNO C2008, Don Lupe C2020, and Noroeste C2021.

Keywords: *Triticum durum* Desf., irrigation, industrial quality

1 INTRODUCCION

De acuerdo a información proporcionada por la IPO (Organización Internacional de la Pasta), más de 295 millones de personas en el mundo ha enfrentado condiciones de hambre aguda durante el 2024, esto es un incremento del 4.74% más que el 2023. Por lo que se requiere de alimentos de fácil acceso, con alto valor nutricional para la población global que no puede costearse una dieta saludable. La pasta es un alimento energético que contiene carbohidratos de alta calidad, con bajo índice glucémico (Di Pede *et al.*, 2021), se digiere más lentamente que otros carbohidratos y su consumo global se ha duplicado en la última década, alcanzando alrededor de 17 millones de toneladas. Con un consumo per cápita de 23 kg/persona al año, Italia es el principal consumidor y los parámetros de calidad demandada mundialmente se basa principalmente en su Legislación, donde se establece que solo se puede utilizar sémola de trigo duro para producir pasta seca. Esto es gracias a que las proteínas de almacenamiento del trigo duro tienen la capacidad de interactuar entre ellas y con otros componentes como lípidos, para formar complejos de lipoproteínas viscoelásticas conocido como gluten (Gallagher *et al.*, 2004). Una buena calidad del gluten evita la desintegración de la pasta durante la cocción con agua caliente, manteniendo la pasta al dente. Por lo que se requiere de una selección rigurosa de variedades con los más altos estándares de calidad. El contenido de proteína, el índice de gluten y el índice de color amarillo en la sémola se consideran los componentes más importantes para la industria de la pasta.

En México, el estado de Sonora ha sido el principal productor de trigo duro donde su principal destino es el mercado de la exportación que demanda variedades con buena calidad industrial, sin embargo, con casi dos décadas la mayor superficie destinada a trigo duro, se establece con la variedad CIRNO C2008, variedad que ha mostrado ser susceptible a la roya de la hoja, posee bajo índice de color amarillo en la sémola y ha mostrado poca tolerancia al déficit hídrico.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo otoño-invierno 2023-2024 en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se evaluaron el contenido de proteína en grano, el índice de gluten y el índice de color amarillo en sémola en cinco variedades de trigo duro (CIRNO C2008, Don Lupe C2020, Noroeste C2021, Roely HP C2023 y Tarro Oro C2024) y dos líneas experimentales (DW6 y DW7). El ensayo se estableció en campo bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en cuatro diferentes fechas de siembra (15 y 30 de noviembre y 15 y 30 de diciembre) y cada FS se manejó con dos, tres y cuatro riegos de auxilio (RA). La parcela experimental consistió de dos camas separadas a 0.8 m con una longitud de 5.0 m, se cosecharon las dos camas y se tomó una muestra representativa para los análisis de calidad. Los resultados se analizaron estadísticamente usando el Software Infostat, y para el análisis de varianza y la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p>0.5$).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas significativas ($p>0.05$) entre los genotipos de trigo (G), fechas de siembra (FS) y riegos de auxilio (RA) en todas las variables analizadas. El coeficiente de variación (C.V) para proteína en grano (PG) fue de 2.16 %, para índice de gluten (IG) 11.75 % y para el índice de color amarillo en sémola (ICA) 3.09 % (Cuadro 1). Por otro lado, al analizar los valores de los cuadrados medios (Cuadro 1), se observa que la fuente de variación de mayor importancia para PG y el ICA fue el genotipo (G); es decir, que estas características estuvieron definidas principalmente por la constitución genética de las variedades, mientras que la FS tuvo mayor influencia en el IG. Esta variable solo se analizó con cuatro riegos de auxilio.

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza para calidad tecnológica de siete genotipos de trigo duro, Ciclo 2023-2024.

FV	PG	IG	ICA
FS	0.44	4968.81	22.88
RA	2.23	0	25.29
G	8.09	660.41	110.71
Error	0.07	37.97	0.81
C.V (%)	2.16	11.75	3.09

Fuente: Elaborada por Chávez *et al.* (2025)

Factor genótipo

Roely HP C2023 y la LE DW7 expresaron el mejor contenido de PG con 13.23 y 12.47 % respectivamente, superando el 12.04 % de la variedad testigo CIRNO C2008. Desde la liberación de CIRNO C2008, aproximadamente 17 años no había sido posible liberar una variedad que combinara alto rendimiento y que superara el contenido de proteína de dicho testigo. Este atributo es probablemente el de mayor importancia porque determinan el valor tecnológico y comercial del trigo duro. La industria de pastas y fideos requiere concentraciones de PG de más del 13.0 % para asegurar al menos un 12.0 % en la sémola y en la pasta (Clarcke, 2000). El valor de PG más bajo fue para Don Lupe C2020 (Cuadro 2). Mientras que el IG fluctuó entre 27.81 y 56.93 % para las variedades Don Lupe C2020 y DW6 respectivamente. Oikonomou *et al.*, 2015, mencionan que el IG es un criterio que define la calidad de gluten en débil (IG<30 %), normal (IG=30-80%) y Fuerte (>80 %), con base a esto, las variedades del noroeste de México se consideran de gluten normal, excepto Don Lupe C2020, que resultó ser de gluten débil (Cuadro 2). En cuanto al ICA en la sémola, todos los genotipos superaron el valor b* de 25.08 unidades de CIRNO C2008. Las variedades con mayor ICA fue para Tarro Oro C2024 y Don Lupe C2020, con un valor b* de 31.78 y 31.60 unidades respectivamente, CIRNO C2008 y Noroeste C2021, no alcanzan el valor b* 28.00 para considerarse una variedad oro (Borbón *et al.*, 2021) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias para Calidad industrial en siete genotipos de trigo duro. Ciclo O-I 2023-2024.

Variedad	PG (%)	IG (%)	ICA
Roely HP C2024	13.23 a	44.93 b	29.60 b
DW 7	12.47 b	50.43 ab	30.39 b
CIRNO C2008	12.04 c	48.43 ab	25.08 c
Tarro Oro C2024	11.76 d	49.43 ab	31.78 a
Noroeste C2021	11.57 de	49.18 ab	27.05 d
DW 6	11.42 e	56.93 a	28.01 c
Don Lupe C2020	11.39 e	27.81 c	31.60 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). Fuente: Elaborada por Chávez et al. (2025)

Fechas de siembra

La mejor respuesta para PG e IG se obtuvo en la primera FS (15 de noviembre), con 12.05 % y 78.07 % respectivamente, pero con la peor respuesta al ICA con un valor b* igual a 27.58 unidades. En la tercera FS, también se obtuvo un valor de PG de 12.05 % pero se fue la peor respuesta a IG con 35.36 % y con un valor b* 29.65 fue la mejor respuesta en ICA. En estos resultados se aprecia que en FS tempranas se obtuvo los valores más bajos de ICA (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias en calidad industrial de trigo duro en diferentes fechas de siembra. Ciclo O-I 2023-2024.

Fechas de siembra	PG %	IG	ICA
1 (15 de noviembre)	12.05 a	78.07 a	27.58 c
2 (30 de noviembre)	11.77 b	54.43 b	28.85 b
3 (15 de diciembre)	12.05 a	48.43 d	29.65 a
4 (30 de diciembre)	11.94 ab	41.86 c	29.04 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). Fuente: Elaborada por Chávez et al. (2025)

Riegos de auxilio

En el sur de Sonora la disponibilidad de agua representa un factor clave para la rentabilidad del cultivo del trigo. Aunque este tema generalmente se aborda desde el rendimiento del cultivo, la calidad industrial es poco estudiada. De acuerdo a la prueba de Tukey ($p>0.05$) el contenido de PG más alto (12.39 %) se obtuvo cuando se aplicaron tres RA y el valor más bajo cuando el cultivo recibió los cuatro RA, mientras que con dos RA la PG fue de 12.01 %. El IG, sólo se evaluó con cuatro RA. Mientras que el ICA aumentó a medida que se reducen los riegos (Cuadro 4). Chávez *et al* (2024) reportaron mayor contenido de PG e ICA con dos riegos de auxilio. De igual manera como señalan Chávez *et al.* (2025), a lo largo de los años, los mejoradores de trigo han desarrollado variedades con el objetivo principal de incrementar el rendimiento y la resistencia a enfermedades foliares, priorizando al mismo tiempo una mayor eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes nitrogenados.

Cuadro 4. Comparación de medias en calidad industrial de trigo duro en diferentes fechas de siembra. Ciclo O-I 2023-2024.

Riegos de Auxilio	PG %	IG	ICA
Dos	12.01 b	-	30.18 a
Tres	12.39 a	-	28.96 b
Cuatro	11.87 b	52.43	28.39 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$). Fuente: Elaborada por Chávez *et al.* (2025)

4 CONCLUSIONES

Los resultados muestran que en el contenido de PG, el factor genotipo fue el más importante. La reducción de riegos incrementó el ICA y hasta cierto nivel aumentó el contenido de PG, esto es importante considerando que el agua es uno de los principales factores que limitan el rendimiento, la cantidad y calidad de las proteínas. Los nuevos genotipos muestran mejor desempeño en calidad industrial que CIRNO C2008, Don Lupe C2020 y Noroeste C2021. No obstante, una de las principales limitantes de los programas de mejoramiento genético de trigo en México es la escasa evaluación de nuevos genotipos de trigo duro en productos terminados, como espaguetis, así como la falta de estudios que integren la tolerancia a la salinidad como criterio de selección.

REFERENCIAS

Borbón, G. A., Díaz C. H. L., Chávez, V. G., Ammar, K., Fuentes, D. G., Alvarado, P. J. I. & Huerta, E. J. (2022). Don Lupe Oro C2020: nueva variedad de trigo duro para el noroeste de México. *Revista fitotecnica mexicana*, 45(3), 413-416. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.3.413>

Chávez, V. G., Borbón, G. A., Marroquín, M. J. Á., Alvarado, P. J. I. & Díaz C. H. L. (2024). Calidad Industrial de Trigo cristalino producido bajo diferentes suministros de riego. Memorias del XX Congreso de Ciencias Agrícolas Mexicali BC.

Chávez, V. G., Borbón, G. A., Alvarado, P. J. I. y Marroquín, M. J. Á. (2025). Calidad industrial de la pitahaya M2024: nueva variedad de trigo harinero para el noroeste de México. *Revista Brasileña de Investigación Animal y Ambiental*, 8 (3), e81025. <https://doi.org/10.34188/bjaerv8n3-012>

Clarke, J. M. 2000. Improvemen of durum wheat grain quality: Breeding. De "durum wheat, semolina and pasta quality". Ed. Abecassis, J., Autran, J. C. and Feillet, P. INRAeditions. Montpellier. France. 99 p.

Di Pede, G., Dodi, R., Scarpa, C., Brighenti, F., Dall'Asta, M., & Scazzina, F. (2021). Glycemic Index Values of Pasta Products: An Overview. *Foods*, 10(11), 2541. <https://doi.org/10.3390/foods10112541>

M.K. Krokida

Oikonomou N., Bakalis, Rahman, Serafim , Mohammad and Krokida. 2015. Gluten Index for Wheat Products: Main Variables in Affecting the Value and Nonlinear Regression Model. Vol 18 *International Journal of Food Properties*.