Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

EFECTO DEL AMBIENTE SOBRE LA CALIDAD DEL TRIGO HARINERO Y CRISTALINO EN EL BAJÍO

Manuel Jeronimo Arriaga*[1]; Ernesto Solís Moya[2]; Lourdes Ledesma Ramírez[2]; Sarahyt Santamaria González Figueroa[2]; Eliel Martínez Cruz [2]; Juan José García Rodríguez [2]

[1]Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Carretera, Juventino Rosas – Celaya km. 8, 38110 Celaya Gto., México. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010. *Autor por correspondencia: jeross456@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto del ambiente sobre la calidad del grano en genotipos de trigo harinero y cristalino cultivados en la región de El Bajío. Se establecieron ocho experimentos considerando cinco fechas de siembra (del 16 de noviembre al 15 de enero) y tres calendarios de riego (dos, tres y cuatro riegos), utilizando 36 genotipos bajo un diseño látice triple con arreglo en parcelas divididas. En trigos harineros se analizaron variables como porcentaje de proteína, fuerza del gluten (valor W) y volumen de pan; mientras que en trigos cristalinos se evaluaron peso hectolítrico, dureza, pigmentos, proteína, semolina y calidad mixográfica. Los resultados mostraron que las fechas de siembra tardías y un menor número de riegos incrementaron el contenido de proteína y la fuerza del gluten en los trigos harineros. La variedad Eneida F94 destacó por mantener valores elevados de proteína y excelente volumen de pan en distintos ambientes. Asimismo, en trigos cristalinos, los tratamientos con dos riegos favorecieron mejores características de calidad tecnológica, incluyendo mayor contenido de proteína, dureza del grano, pigmentación y fuerza del gluten. Por el contrario, el incremento en el número de riegos redujo significativamente algunos atributos de calidad, especialmente en la variedad Altar C84. Se concluye que las condiciones ambientales y el manejo agronómico influyen significativamente en la calidad industrial del trigo, por lo que el ajuste de fechas de siembra y riego representa una estrategia importante para optimizar la calidad del grano en la región de El Bajío.

Palabras clave: *Calidad del trigo; Trigo harinero; Trigo cristalinoFechas de siembra; Manejo de riego*

ABSTRACT

This study evaluated the effect of the environment on grain quality in bread and durum wheat genotypes grown in the El Bajío region. Eight experiments were established considering five planting dates (from November 16 to January 15) and three irrigation schedules (two, three, and four irrigations), using 36 genotypes in a triple lattice design with a split-plot arrangement. In bread wheat, variables such as protein percentage, gluten strength (W value), and bread volume were analyzed; while in durum wheat, hectoliter weight, hardness,

pigments, protein, semolina, and mixographic quality were evaluated. The results showed that later planting dates and fewer irrigations increased protein content and gluten strength in bread wheat. The Eneida F94 variety stood out for maintaining high protein values and excellent bread volume in different environments. Similarly, in durum wheat, treatments with two irrigations favored better technological quality characteristics, including higher protein content, grain hardness, pigmentation, and gluten strength. Conversely, increasing the number of irrigations significantly reduced some quality attributes, especially in the Altar C84 variety. It is concluded that environmental conditions and agronomic management significantly influence the industrial quality of wheat, making the adjustment of planting and irrigation dates an important strategy for optimizing grain quality in the El Bajío region.

Keywords: *Wheat quality; Bread wheat; Dun wheat; Planting dates; Irrigation management*

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los cereales más relevantes a nivel mundial y se cultiva en diversas condiciones ambientales. La calidad del grano de trigo depende en gran medida del genotipo, del entorno y de las interacciones entre el genotipo y el ambiente. De hecho, muchos atributos relacionados con la calidad, como el contenido proteico del grano, están afectados por factores climáticos, el genotipo, la cantidad de fertilizante nitrogenado, el momento en que se aplica el nitrógeno y la disponibilidad de agua durante el proceso de llenado del grano. En este contexto, al entender cómo el ambiente y las técnicas de manejo influyen en las propiedades de calidad del trigo, sería beneficioso para elevar su potencial en la industria. Las características físicas como el color, el peso específico y la dureza determinan la calidad del grano de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), por lo que los granos blandos, duros o muy duros están relacionados con la dureza del grano, que define el proceso de molienda y horneado (Hrusková y Svec, 2009). La dureza del grano puede verse afectada por factores ambientales como el tipo de suelo, el riego, los fertilizantes, las prácticas de manejo, las precipitaciones y la temperatura durante la maduración y la posmaduración (Pomeranz y Williams, 1990) La fertilización nitrogenada disminuye significativamente el peso hectolítrico en el trigo, pero aumenta la cantidad y la composición de las proteínas del gluten (gliadinas:gluteninas) (Graybosch *et al*., 1995).

El trigo duro (*Triticum durum* Desf.) es un cultivo importante para la dieta humana y, aunque solo representa entre el 5 y el 8 % de la producción mundial de trigo, es importante para la producción de una variedad de productos alimenticios, como sémola, pasta, trigo bulgur, cuscús y postres exclusivos del trigo duro. La calidad del trigo duro se define según parámetros tecnológicos determinados a nivel del grano, que están relacionados con el rendimiento (peso hectolítrico, vitrificación y contenido de cenizas), el procesamiento (contenido de proteínas) y las características requeridas para el producto final (Ames *et al*., 1999). La época de siembra

puede afectar la calidad de la sémola y la pasta al modificar las condiciones ambientales durante el llenado del grano. Al analizar el impacto de una época de siembra óptima y tardía en la calidad de la sémola, permitió aislar los efectos de la temperatura de los de la sequía. Las siembras tardías pueden ofrecer una alternativa para mejorar la calidad de cocción de la pasta, ya que exponen el grano a temperaturas que favorecen un mayor porcentaje de proteína. Sin embargo, esta práctica puede reducir el rendimiento, lo cual representa una desventaja en ambientes vulnerables a la sequía durante la maduración. Las variedades modernas de trigo duro sembradas en fechas óptimas presentan menores porcentajes de proteína, lo que se traduce en una menor calidad de cocción de la pasta, a pesar de contar con una mayor fuerza del gluten (Fois *et al*., 2011). El objetivo del presente documento fue determinar cómo el ambiente afecta la calidad del grano en genotipos de trigo harineros y cristalinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron ocho experimentos cinco fechas de siembra, del 16 de noviembre al 15 de enero con intervalos de 15 días y tres calendarios de riego 4) dos riegos, a los 0 y 55 días, 5) tres riegos a los 0-45 y 75 días, y 6) cuatro riegos a los 0-45-75 y 100 días después de la siembra. Los experimentos de calendarios de riego se sembraron el 1 de diciembre.

En los experimentos de fechas de siembra y calendarios de riegos se sembraron 36 genotipos en un diseño látice triple con tres repeticiones, con un arreglo en parcelas divididas donde las fechas de siembra y los calendarios de riego fueron las parcelas grandes y los genotipos las parcelas chicas. La dosis de fertilización utilizada fue 240-60-00, la mitad de nitrógeno y todo el P2O5 a la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio, las fuentes empleadas fueron sulfato de amonio con 20.5% de N y Microesencials, para fósforo.

Salamanca S75. Variedad de madurez intermedia, con 83 días a floración y 134 a madurez fisiológica. Es semienana, con altura de planta de 88 cm. La espiga a la madurez es de color café y es barbada. El grano es de gluten suave, de color rojo, de forma ovoide y bordes redondeados. Esta variedad es susceptible a roya lineal amarilla (alcanzó 100% de severidad, en el INIFAP-Campo Experimental Bajío, en Celaya, Gto.). El rendimiento de grano de esta variedad en el estado de Guanajuato es de 5.5 t ha^{-1}, pero ha llegado a obtener un rendimiento de 8.5 t ha^{-1}.

Arandas F90. Variedad de madurez intermedia, con 87 días a floración y 133 días a madurez fisiológica. Es semienana, con altura de planta de 97 cm. Su espiga es de color blanco y barbada. El grano es de color blanco de gluten fuerte, de forma ovoide y bordes redondeados. Su rendimiento en condiciones de riego es 12% superior a Salamanca S75.

Cortazar S94. Variedad de madurez precoz, con 80 días a floración y 132 días a madurez fisiológica. Es semienana, con altura de planta de 87 cm. La espiga es de color blanco y barbada. El grano es de color rojo pálido, de forma ovoide y bordes redondeados. Cortazar S94 mostró moderada susceptibilidad a las razas de roya lineal amarilla (40% de severidad en el INIFAP-Campo Experimental Bajío, en Celaya, Gto.). Su rendimiento es superior en 7.4% al de Salamanca S75.

Eneida F94. Variedad de madurez intermedia a precoz, con 79 días a floración y 131 a madurez fisiológica en promedio. Es semienana, con altura de planta de 93 cm. La espiga es de color blanco y barbada. El grano es color blanco, de gluten fuerte, de forma ovoide y bordes redondeados. El rendimiento de esta variedad es superior al de Celaya F81 en 6.4%.

Altar C84. Variedad de ciclo tardío de 86 días a floración y 135 días a madurez fisiológica. Es semienana, con altura de planta de 87 cm. La espiga es blanca con barbas. El grano es de color ámbar, textura dura y epidermis lisa; la forma es elíptica con bordes angostos y pliegue ligero. En pruebas extensivas de rendimiento realizadas en varias localidades en la región del noroeste de México en diferentes fechas de siembra, Altar C84 mostró rendimientos superiores a Yavaros C79 entre 1 y 6%.

Aconchi C89. Su ciclo es de 90 días a floración y 140 días a madurez fisiológica. La altura de planta varía entre 80 y 90 cm. La espiga es oblonga y densa. Al madurar las barbas o aristas son de color amarillo en la base y negro en el ápice. Es resistente al desgrane, y cuando madura mantiene una posición inclinada. El grano es largo, de color ámbar, tiene textura dura, de forma oval, bordes redondeados y pliegue medio profundo.

Ámbar C97. Es de hábito de crecimiento de primavera, semienana, mide en promedio 99 cm de altura; su ciclo vegetativo es de 86 días a floración y 136 días a madurez fisiológica en promedio. Las espigas son de color blanco, de forma piramidal, densas, con barbas. El grano es de color ámbar, de tamaño mediano, es de forma ovoide y bordes redondeados, con un peso específico de 84 kg por hectolitro en promedio.

El rendimiento de la variedad Ámbar C97 es superior a 7.5 t ha^{-1} al ser sembrada entre el 16 de noviembre y el 31 de diciembre, pero al sembrarla en la primera quincena de diciembre este es superior a 9 t ha^{-1}. En fechas tardías cercanas al 15 de enero, los rendimientos disminuyen, pero aún son superiores a 5.5 t ha^{-1}.

En evaluaciones realizadas en tres calendarios de riego en el INIFAP-Campo Experimental Bajío, el rendimiento de Ámbar C97 fue superior en 6.5% al de Aconchi C89.

Topacio C97. Es de hábito de crecimiento de primavera, semienana, mide en promedio 100 cm de altura; su ciclo vegetativo es tardío, con 92 días a floración y 138 días a madurez fisiológica. Las espigas son de color blanco, con bordes paralelos. El grano es de color ámbar, es de forma semialargada y bordes redondeados, con un peso específico de 83 kg por hectolitro en promedio. El rendimiento medio de Topacio C97 fue prácticamente igual al de Aconchi C89, notándose una ligera ventaja de Topacio C97 con calendarios de dos y tres riegos.

Las características de calidad medidas en los trigos harineros fueron 1) porcentaje de proteína en la harina 2) valor W y 3) volumen de pan. En los trigos cristalino se determinó 1) peso hectolítrico, 2) dureza del grano, 3) porcentaje de pigmentos de caroteno 4) porcentaje de proteína, porcentaje de semolina y 5) calidad mixográfica (valores de 1-3 se clasifican como gluten débil; de 4-5 como gluten medio; y de 6-8 como gluten fuerte). Las variables de calidad como peso hectolítrico, % de dureza, de proteína y de semolina, así como, el color del grano y la calidad mixográfica se determinaron con los métodos descritos por la Asociación Americana de Químicos Cerealeros, AACC (1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de calidad del trigo dependen de los factores ambientales y del manejo agronómico del cultivo. En general una variedad de gluten fuerte puede producir grano de menor fuerza de acuerdo a la fecha de siembra. Eneida F94 produce grano de gluten fuerte en el período comprendido entre el 1 de diciembre y el 15 de enero. Su contenido de proteína en la harina varía de 10.8 a más de 11 % a partir de las siembras del 16 de diciembre y su volumen de pan es de muy bueno a excelente en cualquier fecha de siembra.

El grano de esta variedad produce harina con porcentajes de proteína superiores al 11 % y valores W mayores de 300 con calendarios de dos y tres riegos aún en siembras efectuadas los primeros días de diciembre; con cuatro riegos la fuerza de gluten se conserva arriba de 300 pero el porcentaje de proteína puede bajar a 10.7 cuando la siembra se realiza la primera quincena de diciembre (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del ambiente de evaluación sobre la calidad de la variedad Eneida F94. Campo Experimental Bajío, Circe, Inifap.

	Ambiente de evaluación								
	16 nov.	1 dic.	16 dic.	31 dic.	15 ene	Dos riegos	Tres riegos	Cuatro riegos	Media
% Proteína en la harina	10.4	10.3	10.8	11.5	11.3	11.2	11.3	10.7	10.9
Valor W*	280	333	390	486	385	418	415	375	385
Volumen de pan (cc)	838	795	803	932	830	827	768	822	827

W = WX10-4 J

En el Cuadro 2 se observó que las fechas de siembra tempranas noviembre y principios de diciembre registraron menores valores de proteína que las fechas de siembras tardías (31 de diciembre y 15 de enero). Así mismo, dos riegos registran valores menores de proteína que cuatro riegos en todas las variedades. Eneida F94 produce mayores valores de proteína que los trigos harineros de gluten débil, en todas las fechas de siembra, sin embargo, Arandas F90 (variedad de gluten fuerte), no superó en proteína a las variedades de gluten débil.

Cuadro 2. Efecto del ambiente de evaluación sobre la proteína del grano de cuatro variedades de trigo harinero.

Variedad	Ambiente de evaluación								
	16 nov.	1 dic.	16 dic.	31 dic.	15 ene	Dos riegos	Tres riegos	Cuatro riegos	Media
Eneida F94	10.0	10.0	11.2	12.4	12.5	13.0	12.7	12.4	12.55
Arandas F90	8.6	8.8	10.7	11.3	12.0	12.5	11.4	12.0	10.91
Salamanca S75	9.2	8.6	10.7	10.4	11.7	11.5	10.8	10.8	10.46
Cortazar S94	8.9	9.2	10.6	11.5	11.4	11.5	11.5	10.5	10.64

Características de Calidad en Trigos Cristalinos. En el Cuadro 3 se presenta el efecto del número de riegos sobre las características de calidad de los cuatro genotipos de trigo duro evaluados en el experimento. El tratamiento de dos riegos produjo mejores características de calidad que el de tres y éste que el de cuatro. El aumento en el número de riegos de dos a cuatro fue más detrimental para la variedad Altar C84, la cual disminuyó el contenido de proteína de 11.3 a 9.2. Lo mismo ocurrió con el rendimiento de semolina donde se observó una merma de 4%. La dureza de grano y la fuerza del gluten disminuyeron más para este genotipo que para los otros tres. El peso hectolítrico, en cambio, se incrementó con el número de riegos. El contenido de pigmentos de la variedad Altar C84 fue el más alto con dos riegos, pero disminuyó casi un 2% por cada riego extra que se aplicó. Esta tendencia nos indica la relación lineal que existe entre el porcentaje de panza blanca y el contenido de pigmentos. El porcentaje de semolina no se vio afectado por los tratamientos de riego, mostrando valores muy similares en los tres tratamientos. La calidad mixográfica se mantuvo en niveles adecuados para trigos duros en los calendarios de dos y tres riegos (valores mayores de 4), sin embargo, en el calendario de cuatro riegos la variedad Altar C84 se manifestó como de gluten débil (valores ≤ 3).

Cuadro 3. Efecto del número de riegos sobre las características de calidad de cuatro genotipos de trigo duro.

Tratamiento	PHL (kg/hl)	Dureza (%)	Pigmentos (%)	Proteína (%)	Semolina (%)	C. Mixográfica
2 riegos						
Topacio C97	80	34	9.86	12	57	6
Ámbar C97	80	35	9.58	13	56	6
Aconchi C89	78	37	10.72	12.6	55	5
Altar C84	82	38	11.48	13.6	55	5
3 riegos						
Topacio C97	81	33	10.14	11.3	57	5
Ámbar C97	83	34	9.32	11.9	56	5
Aconchi C89	79	37	10.14	10.6	56	5
Altar C84	81	36	9.86	10.3	56	5
4 riegos						
Topacio C97	83	33	8.54	11.4	57	5
Ámbar C97	84	35	7.34	10.7	56	5
Aconchi C89	84	40	8.04	10.0	56	4
Altar C84	83	48	7.34	9.2	51	3

PHL = Peso hectolítrico; C. = Clasificación.

CONCLUSIÓN

1) En trigos harineros las fechas de siembra tardías y el menor número de riegos incrementan la proteína del grano y la fuerza del gluten.
2) En trigos duros un menor número de riegos incrementa el nivel de proteína, la fuerza del gluten, la dureza y el color del grano

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of Cereal Chemists (AACC). 1982. Approved methods of the AACC. St. Paul, MN. USA.

Ames NP, Clarke JM, Marchylo BA, Dexter JE, Woods SM. 1999. Effect of environment and genotype on durum wheat gluten strength and pasta viscoelasticity. *Cereal Chem.* 76:582-586. PubMed/NCBI

Fois S, Schlichting L, Marchylo B, Dexter J, Motzo R, Giunta F. 2011. Environmental conditions affect semolina quality in durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum* L.) cultivars with different gluten strength and gluten protein composition. *J. Sci Food Agric.* 91(14):2664-73. doi: 10.1002/jsfa.4509. Epub 2011 Aug 12. PMID: 21842525.

Graybosch, R. A., C. J. Peterson, P. S. Baenziger, and D. R. Shelton. 1995. "Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition," *Journal of Cereal Science*, 22(1): 45–51.

Hrusková, M., and I. Svec. 2009. Wheat hardness in relation to other quality factors. *Czech Journal of Food Sciences.* 27: 240–248.

Pomeranz, Y. and P. C. Williams. 1990. "Wheat hardness: it's genetic, structural and background, measurement and significance," *in*: Advance in Cereal Science and Technology, Pomeranz,Y. Ed., AACC Inc., St. Paul, MN, USA.