

LA CALIDAD INDUSTRIAL DE TRIGO HARINERO DE TEMPORAL EN MEXICO

Eliel Martínez Cruz[§]; Héctor Eduardo Villaseñor Mir; Rene Hortelano Santa Rosa; Eduardo Espitia Rangel; Patricia Pérez Herrera

Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Programa de Trigo. Coatlínchán, Texcoco, Estado de México. México. [§]Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx

Recibido: Mayo 12, 2014 Aceptado: Octubre 31, 2014

Artículo Científico

RESUMEN

México importa aproximadamente 75% de trigo harinero. Una alternativa para disminuir este déficit, es incrementar la superficie sembrada de trigo en temporal, para cumplir con la calidad demandada por la industria. Por lo que el objetivo de esta investigación fue caracterizar la calidad industrial de variedades de trigo harinero cosechadas en temporal. Los genotipos se establecieron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones. Las variables medidas fueron peso hectolítrico (PHL), dureza de grano (DG), fuerza de la masa (W) y relación tenacidad/extensibilidad (P/L) de la masa y analizadas estadísticamente. Existieron diferencias significativas entre localidades y variedades para las variables analizadas. Para PHL se identificaron valores mayores a 75 kg.hL⁻¹, lo que se asocia a

buenos rendimientos de grano. Todas las variedades se clasificaron de grano semi-duro a duro, al tener valores menores a 47%. Con base en $W > 300 \times 10^{-4}$ J y P/L de 1.2, la localidad Santa Lucía se clasificó con masa fuerte-balanceada, caso contrario a la localidad de Coatepec que favoreció la tenacidad, PL de 2.8. Las masas de las variedades fueron medias fuertes a fuertes y tenaces, al mostrar $W > 200 \times 10^{-4}$ J y PL > 1.2 . Estas masas fuertes-tenaces son apropiadas para mezclarse con masa débiles de trigo. Lo anterior indica que es posible clasificar la calidad de la cosecha, información útil para el molinero, y que la producción de trigo harinero de temporal cumple con la calidad demanda por la industria.

Palabras clave: Trigo de temporal, calidad de grano, calidad de masa.

ABSTRACT

Mexico imports approximately 75% of wheat flour. An alternative to reduce this deficit, is to increase the planted area of rainfed wheat, to comply with the demanded quality by the industry. The objective of this research was to characterize the industrial quality of rainfed bread wheat varieties. Genotypes were established under a randomized complete block design with two replications. Variables measured were test volume weight (PHL), grain hardness (DG), dough strength (W) and ratio tenacity/extensibility (P/L) of the dough. There were significant differences among locations and varieties for the analyzed variables. For PHL values greater than 75 kg hL⁻¹ were identified, which is associated with higher grain yields. All varieties were classified as semi-hard to hard for grain

texture, since showed values lower than 47%. Based on $W > 300 \times 10^{-4}$ J and p/l of 1.2, location of Santa Lucía rendered mid-strong dough, while to the location of Coatepec favored tenacity, 2.8 PL. The dough of the varieties was mid-strong to strong and tenacious, since showed $W > 200 \times 10^{-4}$ J and PL > 1.2 . These strong and tenacious dough are suitable for mixing with wheats of weak dough. This indicates that it is possible to classify the quality of the harvest rainfed wheat, this information is useful for the miller; and that rainfed wheat production meets the quality demanded by the industry.

Key words: Rainfed wheat, grain quality, quality of dough

INTRODUCCIÓN

En 2012, México consumió 5.4 millones de toneladas (MT) de trigo panificable, mientras que la producción nacional fue 1.3 MT, de las cuales 0.8 MT fueron de trigos panificables (masa fuerte) y 0.5 MT de trigos

galleteros (masa débil), por lo que importó 4.1 MT de EEUU y Canadá. Los mayores volúmenes de importación corresponden a trigo duro rojo de invierno (HRW, por sus siglas en inglés) con 1.9 MT, el cual se

caracteriza por presentar grano duro y masa fuerte (CANIMOLT, 2012). Una alternativa para aumentar la producción de trigo harinero panificable en nuestro país, y cubrir la demanda de la industria nacional, es incrementar la superficie sembrada bajo condiciones de temporal en zonas donde la siembra de maíz sufre siniestros debido a sequías iniciales o heladas tempranas, y donde el trigo sería una alternativa debido a su menor ciclo de cultivo. Tan sólo en Tlaxcala y México existe potencial para la siembra de trigo de temporal en al menos 200,000 y 300,000 ha, respectivamente, entidades que en 2012 sembraron 29,260 y 9,766 ha (María *et al.*, 2002; SIAP, 2014).

La producción de trigo de temporal en México ascendió a 180,966 t en 2012, siendo los principales estados productores Tlaxcala y Edo. de México con 104,299 y 27,876 t, respectivamente; lo que representó 73% de la producción nacional. En el caso específico del Edo. de México, en ese mismo año se

produjeron 27,876 t en una superficie de 9,676 ha; entre los municipios, Juchitepec e Ixtapaluca aportaron la mayor producción con 9,292 y 5,800 t, respectivamente. Adicionalmente, Juchitepec es representativo con el rendimiento promedio mayor en su estado con 3.5 t ha⁻¹ (SIAP, 2014). Una ventaja de Tlaxcala, Edo de México, Puebla e Hidalgo es su cercanía a los principales centros de molienda y consumo, como los de Distrito Federal y Edo. de México, quienes demandan más de 60% de grano molido (CANIMOLT, 2012); por lo que su producción puede ser una opción más para el molinero. Uno de los argumentos de los industriales para rechazar la producción de trigo de estos estados, es que no reúne las características de calidad demandada por la industria nacional, por lo que el objetivo de ésta investigación fue caracterizar la calidad industrial de las variedades de trigo harinero de reciente liberación, recomendadas para su producción bajo condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron evaluadas seis variedades de trigo harinero panificable, recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para su siembra en temporal. Los genotipos se establecieron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones en las localidades de Coatepec, Juchitepec, Santa Lucía y Tenango del Aire en Edo. de México. La parcela experimental consistió en 4 surcos de 3 m de longitud y una separación de 0.30 m.

Las variables de calidad industrial se analizaron en el laboratorio de Farinología de trigo del Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX-INIFAP). El peso hectolítrico (kg hL⁻¹) se determinó en una muestra de 500 mL de grano en una balanza volumétrica (Seedburo Equipment Co., Chicago, IL.). La dureza de grano (DG) se cuantificó mediante la determinación del Índice de Perlado en 20 g de grano, que indica la facilidad de eliminar parcialmente las capas externas del grano, mediante un procedimiento de abrasión estandarizado. A partir del grano se obtuvo harina refinada con el uso de molino de laboratorio Brabender (Quadrumat Senior, C.W. Brabender OHG, Alemania), con cernido a través de

una malla de diámetro 129 µm. El contenido de proteína en harina (%) se midió con el analizador NIR Infralyzer 300 (método 39-10; AACC, 2005). La fuerza ($W \times 10^{-4}$ J) y la relación de tenacidad/extensibilidad (PL, 0.1-6.0) de la masa se calculó del alveograma, el cual se obtuvo en el Alveógrafo de Chopin (Tripette & Renaud, Francia), a partir de 50 g de harina refinada con el método 54-30A de la AACC (2005). Mediante la variable W, las masas se clasifican como masas fuertes que muestran valor mayor a 300×10^{-4} J, masas medias fuertes de 200×10^{-4} J a 300×10^{-4} J y masas débiles menor a 200×10^{-4} J y, con base en PL, se agrupan en balanceado (PL = 1.1), extensible (PL < 1) y tenaz (PL > 1.2). La variable volumen de pan (mL) se realizó mediante el método de masa directa (método 10-09, AACC, 2005) en 100 g de harina refinada.

Con los datos generados se realizó un análisis de varianza general mediante un diseño de bloques completos al azar con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002) y se realizó la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), con el fin de identificar las diferencias entre localidades y variedades. Adicionalmente se obtuvieron las correlaciones de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad industrial evaluadas se presentan en el Cuadro 1. Se observaron diferencias significativas para todas las variables de calidad evaluadas entre localidades y variedades. De manera similar se encontraron diferencias para la mayoría de las variables medidas para la interacción localidad por genotipo excepto para fuerza de la masa, lo cual

concuera con Hortelano *et al.* (2013), Vásquez *et al.* (2012), Finlay *et al.* (2007), Atanasova *et al.* (2010) y Drezner *et al.* (2010). Lo anterior indica que la expresión final de las características de peso hectolitrico, dureza de grano, proteína en harina, fuerza de la masa, relación tenacidad/extensibilidad de la masa y volumen de pan son definidas por el genotipo y ambiente y por su interacción.

Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables de calidad industrial de variedades de trigo harinero en cuatro ambientes de temporal del Estado de México. Ciclo PV-2012.

FV	GL	PHL (kg hL ⁻¹)	DG (%)	PH (%)	W (x10 ⁻⁴ J)	PL (0.1-6.0)	VP (mL)
Localidad (L)	3	46.5**	384.8**	30.6**	47084.9**	4.0**	51532.4**
Repetición(L)	4	2.1	2.0	0.64	547.4	0.3	5711.9
Genotipo (G)	5	11.6**	37.4**	1.3**	20607.5**	0.4*	9267.1**
L*G	15	1.3*	7.5**	1.1**	7514.5ns	0.35*	3479.1**
Error	20	0.5	1.6	0.2	2652.6	0.1	989.4
Total	47						
Media		79.4	42.2	10.0	365.5	2.0	733.4
CV (%)		0.8	2.0	4.8	14.0	15.5	4.2

*, **, Significativo y altamente significativo ($\alpha = 0.05$); ns, No significativo; CV, Coeficiente de variación; GL, Grados de libertad; PHL, Peso hectolitrico; DG, Dureza de grano; PH, Proteína en harina; W, Fuerza de la masa; PL, Relación tenacidad/extensibilidad; VP, Volumen de pan.

En el Cuadro 2 se presentan las medias de las variables evaluadas con base en las localidades, donde se observa que el peso hectolitrico varió de 76.6 en Santa Lucia a 81 kg hL⁻¹ en Juchitepec, lo cual indica que hubo buen llenado de grano y que, además, se obtendrán buenos rendimientos harineros (Peña *et al.*, 2008; Skerritt *et al.*, 2003). La dureza de grano varió de 35.8 en Coatepec a 50% en Juchitepec (en este caso, valores bajos expresan mayor dureza del endospermo de grano y viceversa). Los valores de proteína en harina refinada fueron de 8.7 en Juchitepec a 12.3% en Santa Lucia que, de acuerdo con Simmonds (1995) puede ser debido a la existencia de una relación negativa dada por el mayor rendimiento de grano y menor proteína, pues en Juchitepec y Santa Lucia se presentaron, para estas mismas variedades y ciclo agrícola, rendimientos promedio de 4.9 y 3.4 t ha⁻¹, respectivamente (datos no publicados); sin embargo, Dupont *et al.* (2006) y Williams *et al.* (2007) concluyeron que el efecto ambiental expresado por temperaturas altas, 37°C en el día y 28 °C en la noche, posteriores a la antesis, favorecen la mayor acumulación de proteína. Con

base a los autores anteriormente señalados, las diferencias entre localidades para peso hectolitrico y proteína en harina y productividad del cultivo, pueden deberse a las condiciones agroclimáticas (precipitación y temperatura); de tal modo que Juchitepec, producida a 2,571 m de altura y registros de precipitación pluvial y temperatura media anual de 807 mm y 15.5°C, se ubican en un clima húmedo, mientras que Santa Lucia de Prías cultivadas a 2260 m, 636 mm y 16.1°C de lluvia y temperatura media anual, se localiza en un clima templado subhúmedo (García, 1981). Es importante indicar el contraste de respuestas entre Juchitepec y Santa Lucia, para peso hectolitrico y contenido de proteína en harina (Cuadro 2), dado que el primero se asoció a peso hectolitrico alto y bajo en proteína, mientras la segunda presentó comportamiento inverso, según análisis de correlación (Cuadro 4).

Para el caso de fuerza de la masa, Santa Lucia y Coatepec se clasificaron como de gluten fuerte por lograr valores mayores a 300 x 10⁻⁴ J; mientras que Tenango y Juchitepec se agruparon entre las de masa

Cuadro 2. Promedios de variables de calidad industrial de trigo harinero de temporal por localidad. PV-2012.

	PHL (kgHL ⁻¹)	DG (%)	PH (%)	W (x10 ⁻⁴ J)	PL (0.1-6.0)	VP (mL)
Juchitepec	81.0 a	50.1 a	8.7 b	288.0 c	2.7 ab	684.1 b
Coatepec	80.3 a	35.8 c	9.4 b	335.9 b	2.8 a	677.0 b
Tenango	79.8 a	46.5 b	9.4 b	298.2 bc	1.7 bc	757.0 ab
Santa Lucia	76.6 b	36.4 c	12.3 a	490.7 a	1.2 c	815.4 a

Valores medios con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). PHL, Peso hectolítrico; DG, Dureza de grano; PH, Proteína en harina; W, Fuerza de la masa; PL, Relación tenacidad/extensibilidad; VP, Volumen de pan.

de gluten medio fuerte. Por otro lado, con base a la relación tenacidad/extensibilidad, $PL > 1.2$, las masas de Tenango, Coatepec y Juchitepec se clasificaron como tenaces, mientras que masas de Santa Lucia se asociaron a masas fuertes y valores de PL correspondientes a masas cercanas a balanceadas ($PL = 1.2$). Esta última localidad también mostró mayor volumen de pan, contrario a Coatepec y Juchitepec, donde se observaron masas tenaces por sus valores de PL de 2.8 y 2.7, respectivamente, que disminuyeron el volumen de pan (Cuadro 2).

El valor promedio de las variables analizadas por variedad se presenta en el Cuadro 3. Los pesos hectolítricos altos correspondieron a las variedades Tlaxcala F2000, Rebeca F2000 y Triunfo F2004, sin embargo, de manera general, todos los valores indican que los rendimientos harineros serían adecuados para la industria molinera. Para el caso de la dureza de grano todas las variedades se clasificaron de grano semi-duro a duro, al mostrar valores menores a 47%, lo cual era de esperarse dado que estas variedades se liberaron como de grano duro, lo cual concuerda con Yong *et al.* (2004) al indicar que su variación depende mayormente del genotipo. Los valores de proteína en harina refinada variaron de 9.3 para Rebeca F2000 a 10.4% para Altiplano F2007, y para fuerza de la masa solamente la variedad Nana F2007 se clasificó como de masa media-fuerte (W de 200 a 300 x 10⁻⁴ J), mientras que

el resto de las variedades presentaron masas fuertes ($W > 300 \times 10^{-4} J$). Por otro lado, con base en PL, las masas se clasificaron como tenaces, sin embargo, numéricamente la masa de la variedad Náhuatl F2000 fue menos tenaz, al presentar el valor más alto de volumen de pan, así mismo valores altos de proteína con 10.3% en la harina; caso contrario a Rebeca F2000, que mostró el valor más bajo de proteína, pero el más alto de fuerza de la masa y $P/L = 2.1$ que indica poca extensibilidad. Este hecho se reflejó en el menor volumen de pan (Cuadro 3). Lo anterior concuerda con Kent (1983), quien afirma que el incremento de volumen de pan puede deberse al mayor contenido de proteína en la harina, mientras que Espitia *et al.* (2004) y Nash *et al.* (2006), encontraron que las masas fuertes pero con mayor extensibilidad, favorecen mayor volumen de pan. Los resultados anteriores se confirman en el Cuadro 4, que presenta correlaciones positivas y significativas entre contenido de proteína en harina, fuerza de la masa y volumen de pan, y las correlaciones negativas entre la relación tenacidad/extensibilidad y volumen de pan. Las localidades y variedades que conjuntaron masas fuertes y tenaces son adecuadas para realizar mezclas con trigos de masa débil, una práctica recurrente que los molineros realizan a nivel comercial y que, mediante estas combinaciones, cubren exitosamente las necesidades de la industria de la panificación.

CONCLUSIONES

Las variedades cosechadas en cuatro ambientes bajo condiciones de temporal del estado de México, mostraron peso hectolítrico alto, lo que permitirá al molinero obtener rendimientos apropiados de harina. Las variedades se clasificaron entre las de masa fuerte, excepto Nana F2007 que se clasificó como medio fuerte; mientras que con base a valores

mayores a 1.2, la relación tenacidad/extensibilidad las agrupó como harinas tenaces, por lo que se pueden usar mezcladas con aquellas harinas de gluten débil. Mediante la fuerza de la masa y relación tenacidad/extensibilidad, fue posible clasificar regionalmente la calidad industrial del grano de trigo cosechado.

Cuadro 3. Promedio de variables de calidad industrial de trigos harineros de temporal. PV-2012.

	PHL (kghL ⁻¹)	DG (%)	PH (%)	W (x10 ⁻⁴ J)	PL (0.1-6.0)	VP (mL)
Tlaxcala F2000	80.6 a	40.7 cb	9.8 ba	381.1 a	2.2 a	717.5 c
Rebeca F2000	80.5 a	39.5 c	9.3 b	440.3 a	2.1 a	695.0 c
Triunfo F2004	80.3 a	41.8 b	10.2 a	422.8 a	2.4 a	710.0 c
Nana F2007	79.0 b	45.3 a	9.8 ba	262.1 b	2.0 a	728.7 bc
Altiplano F2007	78.5 cb	45.8 a	10.4 a	347.6 ba	1.9 a	768.1 ba
Náhuatl F2000	77.7 c	40.0 cb	10.3 a	426.5 a	1.8 a	781.2 a

Valores medios con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). PHL, Peso hectolítrico; DG, Dureza de grano; PH, Proteína en harina; W, Fuerza de la masa; PL, Relación tenacidad/extensibilidad; VP, Volumen de pan.

Cuadro 4. Análisis de correlación de Pearson para calidad de trigo harinero cultivado en cuatro localidades de temporal. Ciclo PV-2012.

	DG (%)	PH (%)	VP (mL)	W (x10 ⁻⁴ J)	PL (0.1-6.0)
Peso hectolítrico (PHL)	0.33**	-0.83**	-0.80**	-0.56**	0.74**
Dureza de grano (DG)		-0.49**	-0.17	-0.52**	0.13
Proteína en harina (PH)			0.74**	0.76**	-0.66**
Volumen de pan (VP)				0.57**	-0.76**
Fuerza de la masa (W)					-0.40*

*, ** Significativo al 0.05 de probabilidad y significativo al 0.01 de probabilidad, respectivamente; PL, relación tenacidad/extensibilidad.

Agradecimientos

Los autores agradecen al fondo sectorial SAGARPA-CONACYT-COFUPRO (Proyecto: 146788) por el financiamiento de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC (2005). Approved Methods of the AACC. 9th ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA.
- Atanasova D; Tsenov N; Stoeva I; Todorov I (2010). Performance of bulgarian winter wheat varieties for main end-use quality parameters under different environments. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16 (1): 22-29
- CANIMOLT (Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo) (2012). Reporte Estadístico al 2012. México. CANIMOLT. México 104 p.
- Dupont FM; Hurkman WJ; Vensel WH; Tanaka C; Kothari KM; Chung OK; Altenbach SB (2006). Protein accumulation and composition in wheat grains: effects of mineral nutrients and high temperature. *European Journal of Agronomy* 25 (2):96-107.
- Drezner G; Gunjaca J; Novoselovic D; Horvat D (2010). Interpretation of GEI effect analysis for some agronomic and quality traits in ten winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Cereal Research Communications* 38(2): 260-266.
- Espitia RE; Villaseñor Mir HE; Peña BRJ; Huerta EJ; Limón OA (2002). Calidad industrial de trigos harineros mexicanos para temporal. II. Variabilidad genética y criterios de selección. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(1): 41-47.
- Finlay GJ; Bullock PR; Sapirstein HD; Naeem HA; Hussain A; Angadi SV; DePaaw RM (2007). Genotypic and environmental variation in grain, flour, dough and bread-making characteristics of western Canadian spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science* 84(4): 679-690.
- García, 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 3ª. edición. UNAM. México, D.F. 252 p.
- Hortelano SRR; Villaseñor Mir HE; Martínez CE; Rodríguez GMF; Espitia RE; Mariscal ALA (2013). Estabilidad de variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en los Valles Altos de la Mesa Central. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(5): 713-725.
- Kent NL (1983). *Technology of Cereals*. 3th. edition. Editorial Pergamon Press, Great Britain. pp. 107-120.
- María RA; Nieto HG; Trejo CO; García GM; Hernández JM (2002). Sistema de Información de Zonas Potenciales para la Producción de Cultivos en el Estado de Tlaxcala. INIFAP-CIRCE, CE. Tlaxcala, México. 27 p.
- Nash D; Lanning SP; Fox P; Martin JM; Blake NK; Souza E; Graybosch RA; Giroux MJ; Talbert LE (2006). Relationship of dough extensibility to dough strength in a spring wheat cross. *Cereal Chemistry* 83(3): 255-258.
- Peña BRJ; Hernández EN; Pérez HP; Villaseñor MHE; Gómez VM; Mendoza LA (2008). Calidad de la cosecha de trigo en México; ciclo otoño-invierno 2006-2007. *Publicación Especial del CONASIST-CONATRIGO*. 24 p.
- SAS Institute (2002). *SAS/STAT User's Guide: GLM VARCOMP*. 6.04. 4th. edition Cary, NC, USA. pp. 891-996.
- SIAP (2014). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Fuente: www.siap.gob.mx. Consulta: Marzo 2014.
- Simmonds NW (1995). The relation between yield and protein in cereal grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 67 (3): 309-315.
- Skerritt JH; Heywood RH; Ellison F; Kamholz SJ; Allen HM (2003). Interchangeability of genotypes and growth locations for high-quality, high protein wheat production in Australia. *Australian Journal of Agricultural Research* 54:987-1004.

- Turrent FA; Moreno GR; Villaseñor MHE; Alemán F; Moreno RD; Aveldaño R; Salazar A (1992). Manual de Diagnóstico y Recomendación para el Cultivo de Trigo en el Estado de México. Chapingo, Estado de México. México. SARH-INIFAP-CEVAMEX. Publicación Especial Núm.5. 136 p.
- Vázquez D; Berger AG; Cuniberti M; Bainotti C; Zavariz de Miranda M; Scheeren PL; Jobet C; Zúñiga J; Cabrera G; Verges R; Peña RJ (2012). Influence of cultivar and environment on quality of Latin American wheats. *Journal of Cereal Science* 56: 196-203.
- Williams RM; O'Brien L; Eagles HA; Solah VA; Jayasena V (2007). The influences of genotype, environment and genotype x environment interaction on wheat quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 59(2): 95-111.
- Yong Z; He Z; Ye G; Aimin Z; Van Ginkel M (2004). Effect of environment and genotype on bread-making quality of spring-sown spring wheat cultivars in China. *Euphytica* 139: 75-83.