

EFFECTO DE LA TRANSLOCACIÓN 1BL.1RS EN LA CALIDAD DEL GRANO Y HARINA DE TRIGO*

EFFECT OF THE 1BL.1RS TRANSLOCATION IN QUALITY OF WHEAT GRAIN AND FLOUR

Eliel Martínez Cruz^{1§}, Eduardo Espitia Rangel¹, Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, Julio Huerta Espino¹, Ma. Florencia Rodríguez García¹, René Hortelano Santa Rosa¹ y Roberto Javier Peña Bautista²

¹Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel. 01 595 9212721. Ext. 154, 161, 163, 153. (espitiaeduardo@yahoo.com), (villaseñor.hector@inifap.gob.mx), (huerta.julio@inifap.gob.mx), (rodriguez.maria@inifap.gob.mx), (hortelano.rene@inifap.gob.mx). ²Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. [§]Autor para correspondencia: martinez.eliel@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La presencia de la translocación 1BL.1RS (proteínas secalinas del centeno) en el genoma del trigo, se ha asociado con diferentes efectos sobre la calidad del grano y reología de la masa, dependiendo del fondo genético en el cual se evalúa. Por lo que el objetivo de la presente investigación, fue comparar las características físicas de grano de combinaciones de gluteninas de alto y bajo peso molecular (GAPM y GBPM) con y sin la translocación en líneas recombinantes F₇, derivadas de las cruza Gálvez M87*Bacanora T88 y Bacanora T88*Salamanca S75. Los materiales fueron cultivados en el Campo Experimental Bajío, Roque, Guanajuato; en el ciclo primavera-verano, 2008. La identificación de las combinaciones de las gluteninas con y sin la translocación (identificada como el alelo *Glu-B3j*), y la determinación de los parámetros físicos del grano, se realizó en el laboratorio de calidad del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Las variables medidas fueron: peso hectolítrico, dureza de grano, proteína en grano y proteína en harina. La translocación se identificó en seis y dos combinaciones recombinantes diferentes en las cruza Gálvez M87*Bacanora T88 y Bacanora T88*Salamanca

ABSTRACT

Presence of translocation 1BL.1RS (rye secalin proteins) in wheat genome, it has been associated with different effects on grain quality and dough rheology, depending on genetic background in which is evaluated. This is reason why aim of the present investigation was to compare physical characteristics of grain of high and low molecular weight glutenins (HMWG and LMWG) combinations with and without translocation in F₇ recombinant lines, derived from breeds Gálvez M87*Bacanora T88 and Bacanora T88*Salamanca S75. The materials were cultivated in the Experimental Field Bajío, Roque, Guanajuato; during 2008 spring-summer cycle. The identification of glutenins combinations with and without translocation (identified as allele *Glu-B3j*), and determination of grain physical parameters, was carried out in quality laboratory from International Maize and Wheat Improvement Center (commonly known as CIMMYT for Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). Measured variables were: hectoliter weigh, grain hardness, protein in grain and protein in flour. Translocation was identified in six and two different recombinant combinations in breed Gálvez

* Recibido: junio de 2010
Aceptado: marzo de 2011

S75, respectivamente. El análisis de la presencia del alelo *Glu-B3j* en distintas combinaciones de GAPM y BPM, permitió identificar líneas que se asociaron a valores altos y bajos de peso hectolítrico, mismo comportamiento se mostró para proteína en grano y harina; mientras que en ambas cruces la translocación se asoció a mayor dureza de grano.

Palabras clave: calidad física del grano, proteína en grano y harina, translocación 1BL.1RS, trigo harinero.

INTRODUCCIÓN

La translocación 1BL.1RS implica la transferencia de secalinas, proteínas del centeno (*Secale cereale* L.), al genoma del trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), mediante el remplazo del brazo corto del cromosoma 1B del trigo por el brazo corto 1R del centeno. Esta sustitución confiere al trigo resistencia a patógenos tales como: *Puccinia recondita*, *Puccinia graminis*, *Puccinia striiformis* y *Blumeria graminis*, además de ácaros e insectos (Zeller y Hsam, 1983). Sumado a lo anterior, la translocación se ha asociado a genotipos de alto rendimiento y amplia adaptación (Rajaram y Braun, 2008).

Sin embargo, la translocación, desfavorece la calidad de la masa; produce masas pegajosas, reduce el volumen de pan y origina migas pobres (Peña *et al.*, 1990), aunque este efecto puede aminorarse dependiendo de las combinaciones de gluteninas de alto y bajo peso molecular (GAPM y GBPM), que favorezcan la calidad (Gobaa *et al.*, 2008). Por otro lado existen diversos estudios que difieren en cuanto al efecto, de la translocación, sobre características tales como: peso hectolítrico, peso de mil granos, espiguillas por espiga, altura de planta, contenido de proteína y dureza de grano (Lelley *et al.*, 2004; Nishio *et al.*, 2007; Gobaa *et al.*, 2008).

El peso hectolítrico y la dureza del grano define en gran medida la calidad física del grano. El peso hectolítrico se relaciona con la condición física del grano y ésta a su vez con el rendimiento harinero (Gaines *et al.*, 1997); mientras que la dureza del grano, influye en el tiempo de molienda, consumo de energía y la capacidad de absorción de agua de las harinas (Miller, 1982). Por otro lado, el contenido de proteína en grano y harina influyen en la cantidad de gluten en la masa y consecuentemente en la calidad del producto final (Kent, 1983). De acuerdo con lo anterior el objetivo de esta investigación fue comparar características físicas del grano y contenido de proteína en combinaciones de GAPM

M87*Bacanora T88 and Bacanora T88*Salamanca S75, respectively. The analysis of allele *Glu-B3j* presence in different combinations of HMWG and LMWG, it allowed to identify lines that were associated to high and low values of hectoliter weigh, same behavior was seen for protein in grain and flour; while in both breeds translocation was associated to greater grain hardness.

Key words: flour wheat, physical quality of grain, protein in grain and flour, translocation 1BL.1RS.

INTRODUCTION

The translocation 1BL.1RS implies secalin transfer, rye proteins (*Secale cereale* L.), to genoma of flour wheat (*Triticum aestivum* L.), by means of replacement of short arm of chromosome 1B of wheat by short arm 1R of rye. This substitution confers to wheat resistance to pathogens such as: *Puccinia recondita*, *Puccinia graminis*, *Puccinia striiformis* and *Blumeria graminis*, besides arachnids and insects (Zeller and Hsam, 1983). Besides to the above-mentioned, translocation has been associated to genotypes of high yield and wide adaptation (Rajaram and Braun, 2008).

However, translocation affects dough quality; it produces sticky doughs, it reduces bread volume and it originates poor crumbs (Peña *et al.*, 1990), although this effect can be reduced depending on combinations of high and low molecular weight glutamines (HMWG and LMWG) that favor quality (Gobaa *et al.*, 2008). On the other hand there are several studies that differ as for the effect of translocation, on characteristics such as: hectoliters weigh, thousand grains weight, spikelets per spike, plant height, protein content and grain hardness (Lelley *et al.*, 2004; Nishio *et al.*, 2007; Gobaa *et al.*, 2008).

Hectoliter weight and grain hardness defines in great extent physical quality of grain. Hectoliter weight is related with physical condition of grain and this in turn with flour yield (Gaines *et al.*, 1997); while grain hardness affect duration of mill, energy consumption and capacity of water absorption for flours (Miller, 1982). On the other hand, the protein content in grain and flour influence quantity of gluten in dough and consequently in quality of final product (Kent, 1983). In accordance with the

y GBPM con y sin la translocación de líneas recombinantes F₇, derivadas de las cruzas Gálvez M87*Bacanora T88 y Bacanora T88*Salamanca S75.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y condiciones de campo

Se evaluaron dos grupos de 98 familias de líneas F₇, derivadas por descendencia de una sola semilla de F₂ a F₆ de Gálvez M87*Bacanora T88 y Bacanora T88*Salamanca S75, además de los progenitores respectivos. Bacanora T88D, cuyo cruzamiento de origen fue Jupateco/Bluejay//Ures, obtuvo de Ures la translocación 1BL.1RS; mientras que Gálvez M87 y Salamanca S75 carecen de ella (Cuadro 1). La craza Gálvez M87*Bacanora T88 permitió recombinar diferentes *loci* excepto para *Glu-D1*, donde ambos progenitores presentaron la misma subunidad, 5+10. En Bacanora T88*Salamanca S75 los *loci* contrastantes fueron *Glu-B1*, *Glu-D1* y *Glu-B3*. Los materiales fueron sembrados en Roque, Guanajuato en el ciclo primavera-verano 2008. El diseño experimental, fue de bloques completos al azar con dos repeticiones y la unidad experimental consistió de cuatro surcos de 3 m de largo con una separación de 30 cm.

Cuadro 1. Subunidades de gluteninas de alto y bajo peso molecular de los progenitores usados en los cruzamientos.
Table 1. Subunits of high and low molecular weight glutenins of progenitors' used in the breeds.

Progenitor/ <i>locus</i>	GAPM			GBPM		
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>
Gálvez M87	1	17+18	5+10	b	h	c
Bacanora T88	2*	7+9	5+10	c	j [¶]	b
Salamanca S75	2*	7+8	2+12	c	g	b

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; [¶]=el alelo j en *Glu-B3* representa la presencia de la translocación 1BL.1RS.

Análisis de laboratorio

La medición de los parámetros peso hectolítrico, dureza de grano, contenido de proteína en grano y harina; así como la identificación de las proteínas (gluteninas y secalinas) se realizaron en el laboratorio de calidad del trigo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). El peso hectolítrico fue determinado por medio de una balanza Winchester Bushel Meter o Ohaus (método 55-10, AACC, 2000). Donde el peso hectolítrico mide el peso

above-mentioned the objective of this investigation was to compare physical characteristics of grain and protein content in HMWG and LMWG combinations with and without translocation of F₇ recombinant lines, derived from breeds Gálvez M87*Bacanora T88 and Bacanora T88*Salamanca S75.

MATERIALS AND METHODS

Vegetable material and field conditions

There were evaluated two groups of 98 families from F₇ lines, derived by descendant from a single seed from F₂ to F₆ out of Gálvez M87*Bacanora T88 and Bacanora T88*Salamanca S75, besides the respective progenitors. Bacanora T88D whose origin breed was Jupateco/Bluejay//Ures, obtained from Ures the translocation 1BL.1RS; while Gálvez M87 and Salamanca S75 lacks of it (Table 1). Gálvez M87*Bacanora T88 breed allowed to recombine different *loci*, except for *Glu-D1*, where both progenitors showed the same subunit, 5+10. In Bacanora T88*Salamanca S75 the contrasting *loci* were *Glu-B1*, *Glu-D1* and *Glu-B3*. The materials were sowed in Roque, Guanajuato during 2008 spring-summer cycle. The experimental design was at randomized

complete Block design with two repetitions and the experimental unit consisted on four furrows with 3 m in length and a separation of 30 cm.

Laboratory analysis

Measurement of parameters hectoliter weigh, grain hardness, protein content in grain and flour; as well as identification of proteins (glutenins and secalins) were carried out in the laboratory of quality of International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).

del grano por unidad de volumen (kg hL^{-1}). La dureza del endospermo del grano (%), así como el porcentaje de proteína en grano y en harina refinada, se estimó mediante análisis por reflectancia en el espectro infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés de near infrared reflectance) con un espectrómetro Infralyzer 300 (Technicon, N. Y., EE. UU.) Para la dureza del grano (endospermo), el espectrofotómetro fue calibrado con base en el índice de tamaño de partícula (método 55-30; AACC, 2000), utilizando el método 39-70A de la AACC (AACC, 2000). Los datos obtenidos se clasificaron en: duro <49%, semi-duro 50-59%, semi-suave 60-62% y suave >62%. Para la determinación de los porcentajes de proteína en grano y harina, la calibración se basa en valores de contenido de proteína determinados por Kjeldahl (método 46-11A, AACC, 2000), usando el método 39-10 de la AACC (AACC, 2000).

La separación de las subunidades de proteínas de GAPM y GBPM se obtuvo de una muestra de 40 mg de harina integral, usando geles de 14% de acrilamida con pH 8.5, aplicando 9 mA por gel durante 17 h (Peña *et al.*, 2004). Las GAPM (*locus Glu-A1*, *locus Glu-B1* y *locus Glu-D1*) se identificaron con base en la nomenclatura propuesta por Payne y Lawrence (1983) y las GBPM, (*loci Glu-A3* y *Glu-B3*) de acuerdo con Singh *et al.* (1991); Jackson *et al.* (1996); Branlard *et al.* (2003). Para el *locus Glu-D3* se usó la nomenclatura propuesta por Branlard *et al.* (2003). La translocación 1BL.1RS se identificó como el alelo j en *Glu-B3* de acuerdo con Gupta y Shepherd (1992).

Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza general para ambas cruza para las variables estudiadas. Posteriormente, para cada cruza, se realizó un análisis de varianza adicional para obtener los cuadrados medios respectivos por combinación; por último, se realizó la comparación de medias, utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002) para mostrar las diferencias entre combinaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza por genotipo (línea) y combinación, en conjunto y por cada una de las cruza analizadas. Se encontraron diferencias altamente significativas de todas las variables

Hectoliter weight was determined by means of a Winchester Bushel Meter o Ohaus scale (method 55-10, AACC, 2000). Where hectoliter weight measures weight of the grain per unit of volume (kg hL^{-1}). Hardness of grain endosperm (%), as well as protein percentage in grain and in refined flour, was considered by means of near infrared spectrum reflectance analysis (NIR) with an Infralyzer 300 (Technicon, N. Y., USA.) spectrometer. For grain hardness (endosperm), spectrophotometer was calibrated with base in the index of particle size (method 55-30; AACC, 2000), using method 39-70A of AACC (AACC, 2000). The obtained data were classified in: hard <49%, semi-hard 50-59%, semi-soft 60-62% and soft >62%. For the determination of the protein percentages in grain and flour, the calibration is based on values of protein content determined by Kjeldahl (method 46-11A, AACC, 2000), using method 39-10 of the AACC (AACC, 2000).

The separation of subunits of HMWG and LMWG proteins was obtained from a sample of 40 mg of whole flour, using gels of 14% acrylamide with pH 8.5, applying 9 mA per gel during 17 h (Peña *et al.*, 2004). HMWG (*locus Glu-A1*, *locus Glu-B1* and *locus Glu-D1*) were identified with base in nomenclature proposed by Payne and Lawrence (1983) and LMWG, (*loci Glu-A3* and *Glu-B3*) in accordance with Singh *et al.* (1991); Jackson *et al.* (1996); Branlard *et al.* (2003). For *locus Glu-D3* was used nomenclature proposed by Branlard *et al.* (2003). Translocation 1BL.1RS was identified as allele j in *Glu-B3* according to Gupta and Shepherd (1992).

Information analysis

It was carried out a general analysis of variance for both breeds in studied variables. Then, for each breed, it was carried out an additional analysis of variance to obtain the respective average square per combination; lastly, it was carried out comparison of averages, using Tukey test ($p \leq 0.05$), by means of procedure GLM of SAS (SAS, 2002) to show the differences between combinations.

RESULTS AND DISCUSSION

In Table 2 are shown average square of analysis of variance per genotype (line) and combination, on the whole and for each one of analyzed breeds. There were found highly

evaluadas para genotipos y combinaciones entre y dentro de cruza, excepto por combinación para proteína en harina dentro de la cruza Bacanora T88*Salamanca S75, lo cual indica que los genotipos y las combinaciones de GAPM y GBPM, que involucran la translocación 1BL.1RS de la progenie afectan diferencialmente los parámetros físicos de calidad del grano.

significant differences on all evaluated variables for genotypes and combinations among and inside breeds, except per combination for protein in flour within breed Bacanora T88*Salamanca S75, which indicates that genotypes and combinations of HMWG and LMWG that involve translocation 1BL.1RS of the offspring differentially affect the physical parameters on grain quality.

Cuadro 2. Cuadrados medios de parámetros físicos del grano de trigos harineros en Roque, Guanajuato. Primavera-verano, 2008.

Table 2. Average square of physical parameters of grain of flour wheats in Roque, Guanajuato. Spring-summer, 2008.

FV	GL	PHL	DUR	PRG	PRH
Genotipo	71	4.95**	106.7**	3.4**	5.6**
Genotipo (cruza)	70	5**	90.7**	1.5**	2.7**
Cruza	1	0.54**	1222.8**	136.5**	209.6**
Combinación	18	9.5**	216.8**	10.1**	15.6**
Gálvez M87*Bacanora T88					
Genotipo	46	2.7**	82.3**	1.2**	2.6**
Combinación	13	3.2**	148.9**	2.2**	4.8**
Bacanora T88*Salamanca S75					
Genotipo	24	9.3**	106.9**	2.1**	3**
Combinación	4	32.3**	195.6**	4.4**	2.3 ns
Error [¶]	142	0.33	2.2	0.5	0.3

FV= fuente de variación; GL= grados de libertad; PHL= peso hectolítico; DUR= dureza; PRG= proteína en grano; PRH= proteína en harina, [¶]= error del análisis general.

Cruza Gálvez M87*Bacanora T88

La translocación 1BL.1RS se identificó en 7 combinaciones diferentes de GAPM y GBPM, en la cruza Gálvez M87*Bacanora T88. En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias para peso hectolítico de la progenie agrupada por combinaciones de GAPM y GBPM, se observan que dos combinaciones recombinantes 2*, 17+18, 5+10, c, h, c y 2*, 17+18, 5+10, b, h, c sin translocación (únicamente difieren en el alelo locus *Glu-A3*), mostraron valores altos de peso hectolítico; sin embargo, no fue estadísticamente diferente a dos combinaciones que mostraron el alelo *Glu-B3j*, que indica la presencia de proteínas secalin. Por otro lado los valores bajos se asociaron a combinaciones translocadas que presentan el alelo *Glu-B3j* o la translocación 1BL.1RS, además del progenitor Gálvez M87. Lo anterior contradice lo afirmado por Villareal *et al.* (1998) y Lelley *et al.* (2004) quienes encontraron que genotipos con 1BL.1RS favorecieron la densidad del grano.

Breed Gálvez M87*Bacanora T88

Translocation 1BL.1RS was identified in 7 different combinations from HMWG and LMWG, in breed Gálvez M87 cycle. The experimental design was at randomized Bacanora T88. In Table 3 comparison of average is shown for hectoliter weight of the offspring contained by combinations of HMWG and LMWG, there are observed that two recombinant combinations 2*, 17+18, 5+10, c, h, c and 2*, 17+18, 5+10, b, h, c without translocation (they only differ in allele locus *Glu-A3*), they showed high hectoliter weight values; however, it wasn't statistically different to two combinations that showed allele *Glu-B3j* that indicates presence of secalin proteins. On the other hand, low values associated to translocated combinations that present allele *Glu-B3j* or translocation 1BL.1RS, besides progenitor Gálvez M87. The above-mentioned contradicts that affirmed by Villareal *et al.* (1998) and Lelley *et al.* (2004) who found that genotypes with 1BL.1RS favored grain density.

Cuadro 3. Comparación de medias de peso hectolítrico de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Gálvez M87*Bacanora T88, en primavera-verano, 2008.

Table 3. Comparison of averages of hectoliter weight of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Gálvez M87*Bacanora T88, in spring-summer, 2008.

GAPM			GBPM			Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
2*	17+18	5+10	c	h	c	79.4 a
2*	17+18	5+10	b	h	c	78.8 ba
2*	7+9	5+10	b	j	c	78.7 ba
2*	7+9	5+10	c	j	c	78.7 ba
1	17+18	5+10	c	h	b	78.6 ba
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	78.4 ba
1	17+18	5+10	b	h	b	78.2 ba
1	17+18	5+10	b	h	c	77.9 ba
2*	17+18	5+10	b	h	b	77.9 ba
2*	7+9	5+10	c	j	b	77.8 ba
1	7+9	5+10	b	j	c	77.8 ba
2*	17+18	5+10	c	h	b	77.7 ba
1	17+18	5+10	c	h	c	77.6 ba
1	7+9	5+10	b	j	b	77.6 ba
1	7+9	5+10	c	j	c	77.6 ba
(G) 1	17+18	5+10	b	h	c	77.4 b

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; G= Gálvez M87; B= Bacanora T88. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

La comparación de medias para dureza de grano de las combinaciones derivadas de Gálvez M87*Bacanora T88 se presentan en el Cuadro 4. Se generaron combinaciones recombinantes que se clasifican de endospermo semi-suave a duro. Esta variación de la progenie se debe que ambos progenitores son totalmente contrastantes en este carácter; es decir, Gálvez M87 se clasifica con textura de grano semi-suave y Bacanora T88 como duro.

The comparison of averages for grain hardness of derived combinations of Gálvez M87*Bacanora T88 is showed in Table 4. There were generated recombinant combinations that are classified from semi-soft to hard endosperm. This variation of the offspring is due both progenitors are completely contrasting in this character; that is to say, Gálvez M87 is classified with texture of semi-soft grain and Bacanora T88 as hard.

Cuadro 4. Comparación de medias de dureza de grano de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Gálvez M87*Bacanora T88, en primavera-verano, 2008.

Table 4. Comparison of averages of grain hardness of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Gálvez M87*Bacanora T88, in spring-summer, 2008.

GAPM			GBPM			Dureza de grano (%)
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
2*	17+18	5+10	b	h	b	60.1 a
(G) 1	17+18	5+10	b	h	c	60 ba
2*	7+9	5+10	c	j	c	59 bac
1	17+18	5+10	b	h	b	58.5 bac

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; G= Gálvez M87; B= Bacanora T88. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Comparación de medias de dureza de grano de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Gálvez M87*Bacanora T88, en primavera-verano, 2008 (Continuación).**Table 4. Comparison of averages of grain hardness of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Gálvez M87*Bacanora T88, in spring-summer, 2008 (Continuation).**

<i>Glu-A1</i>	GAPM		GBPM			Dureza de grano (%)
	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
2*	17+18	5+10	c	h	c	58.3 bac
1	7+9	5+10	c	j	c	58 bac
2*	17+18	5+10	c	h	b	57.1 bac
1	17+18	5+10	b	h	c	56.7 bac
2*	7+9	5+10	b	j	c	56.6 bac
1	7+9	5+10	b	j	c	56.5 bac
2*	7+9	5+10	c	j	b	52.4 bdec
1	17+18	5+10	c	h	c	52 bdec
1	7+9	5+10	b	j	b	51.1 dec
2*	17+18	5+10	b	h	c	51.1 dec
1	17+18	5+10	c	h	b	47.7 de
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	44.3 e

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; G= Gálvez M87; B= Bacanora T88. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

Las combinaciones recombinantes asociadas al alelo *Glu-B3j*, combinación portadora de la translocación 1BL.1RS, se clasificaron con dureza de grano semi-duro a duro, siendo Bacanora T88 quien mostro mayor dureza; es decir, se asociaron a porcentajes menores lo cual no concuerda con lo reportado por Kim *et al.* (2005) quienes reportaron que genotipos con las secalinas del centeno disminuyeron la dureza del grano; mientras que dentro de las no translocadas se ubicaron las dos únicas combinaciones asociadas con endospermo semi-suave incluyendo al progenitor Gálvez M87.

Estas mismas combinaciones, carentes del alelo *Glu-B3j*, presentaron valores dentro de los rangos de semiduro e inclusive duro. Por otro lado existen dos combinaciones 2*, 17+18, 5+10, b, h, b y 2*, 7+9, 5+10, c, j, b, las cuales se asociaron a valores bajos y altos de dureza, respectivamente; lo anterior no concuerda con Amiour *et al.* (2002) y Nishio *et al.* (2007) quienes no encontraron diferencia entre genotipos con y sin la translocación 1R.

En el Cuadro 5 y 6 se presenta la comparación de medias por combinación para el contenido de proteína en grano y harina, respectivamente; donde se observaron combinaciones con

Recombinant combinations associated to allele *Glu-B3j*, combination holding translocation 1BL.1RS, there were classified with grain hardness from semi-hard to hard, being Bacanora T88 who showed greater hardness; that is to say, they were associated to lower percentages which doesn't agree with that reported by Kim *et al.* (2005) who reported that genotypes with rye secalins decreased grain hardness; while there were located within non-translocated the two only combinations associated with semi-soft endosperm including progenitor Gálvez M87.

These same combinations, lacking of allele *Glu-B3j*, presented values inside semi-hard and inclusive hard ranges. On the other hand, there are two combinations 2*, 17+18, 5+10, b, h, b and 2*, 7+9, 5+10, c, j, b, which were associated to low and high hardness, respectively; the above-mentioned doesn't agree with Amiour *et al.* (2002) and Nishio *et al.* (2007) who didn't find difference among genotypes with and without translocation 1R.

In Table 5 and 6 is presented the comparison of averages per combination for protein content in grain and flour, respectively; where combinations were observed with and

y sin translocación asociadas a los valores más altos de proteína, que no concuerda con lo afirmado por Amiour *et al.* (2002), Dvořáček *et al.* (2006), Nishio *et al.* (2007) y Gobaa *et al.* (2008), quienes reportaron que genotipos que presentan el brazo corto (1R) del centeno, mostraron valores altos de contenido de proteína; además fueron tres combinaciones asociadas al alelo *Glu-B3j* los que se asociaron a valores bajos de proteína; que tampoco coinciden con Bullrich *et al.* (1998), Martin y Carrillo (1999) y Kim *et al.* (2005) quienes no encontraron diferencias entre genotipos con y sin 1BL.1RS, para contenido de proteína en grano.

Para proteína en harina se muestra un comportamiento similar al de proteína en grano, siendo combinaciones con y sin la translocación las que mostraron valores altos de proteína; mientras que valores bajos se asociaron con las combinaciones que presentan el alelo *Glu-B3j*. Los resultados de esta investigación concuerdan con Lelley *et al.* (2004), quienes encontraron que genotipos con la translocación favorecen o desfavorecen el contenido de proteína.

without translocation associated to the highest values in protein that doesn't agree with that affirmed by Amiour *et al.* (2002), Dvořáček *et al.* (2006), Nishio *et al.* (2007) and Gobaa *et al.* (2008, who reported that genotypes that present the short arm (1R) of the rye, showed high values of protein content; there were also three combinations associated to allele *Glu-B3j* those that were associated to low protein values; that neither coincide with Bullrich *et al.* (1998), Martin and Carrillo (1999) and Kim *et al.* (2005) who didn't find differences among genotypes with and without 1BL.1RS, for protein content in grain.

For protein in flour is shown a behavior similar to that of protein in grain, being combinations with and without translocation those that showed high protein values; while low values were associated with combinations that have allele *Glu-B3j*. Results of this investigation agree with Lelley *et al.* (2004) who found that genotypes with the translocation favor or not to protein content.

Cuadro 5. Comparación de medias de proteína en grano de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Gálvez M87*Bacanora T88, en primavera-verano, 2008.

Table 5. Comparison of averages of protein in grain of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Gálvez M87*Bacanora T88, in spring-summer, 2008.

<i>Glu-A1</i>	GAPM		GBPM			Proteína en grano (%)
	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
1	17+18	5+10	c	h	c	12.4 a
1	17+18	5+10	b	h	b	12.3 a
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	12.1 a
1	17+18	5+10	c	h	b	12 a
2*	17+18	5+10	c	h	c	11.7 ba
1	7+9	5+10	c	j	c	11.7 ba
2*	17+18	5+10	b	h	c	11.6 ba
(G) 1	17+18	5+10	b	h	c	11.6 ba
1	17+18	5+10	b	h	c	11.5 ba
2*	7+9	5+10	b	j	c	11.5 ba
2*	7+9	5+10	c	j	c	11.4 ba
2*	17+18	5+10	c	h	b	11.4 ba
2*	17+18	5+10	b	h	b	11.4 ba
2*	7+9	5+10	c	j	b	11.3 ba
1	7+9	5+10	b	j	b	11.3 ba
1	7+9	5+10	b	j	c	10.4 b

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; G= Gálvez M87; B= Bacanora T88. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

Cuadro 6. Comparación de medias de proteína en harina de combinaciones con y sin la translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Gálvez M87*Bacanora T88. Roque, Guanajuato, México. Primavera-verano, 2008.**Table 6. Comparison of averages of protein in flour of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Gálvez M87*Bacanora T88, in spring-summer, 2008.**

<i>Glu-A1</i>	GAPM		<i>Glu-A3</i>	GBPM		Proteína en harina (%)
	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>		<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
1	17+18	5+10	c	h	b	10.7 a
1	17+18	5+10	c	h	c	10.6 ba
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	10.6 ba
1	17+18	5+10	b	h	b	10.2 bac
2*	17+18	5+10	b	h	c	10.2 bac
(G) 1	17+18	5+10	b	h	c	9.8 bac
2*	7+9	5+10	c	j	b	9.6 bac
2*	17+18	5+10	c	h	c	9.6 bac
1	7+9	5+10	c	j	c	9.6 bac
2*	17+18	5+10	c	h	b	9.4 bdac
1	7+9	5+10	b	j	b	9.3 bdac
1	17+18	5+10	b	h	c	9.1 bdac
2*	17+18	5+10	b	h	b	9.1 bdac
2*	7+9	5+10	b	j	c	9 bdc
2*	7+9	5+10	c	j	c	8.9 dc
1	7+9	5+10	b	j	c	7.9 d

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; G= Gálvez M87; B= Bacanora T88. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

Cruza Bacanora T88*Salamanca S75

La translocación 1BL.1RS se identificó en tres combinaciones diferentes de GAPM y GBPM en la craza Bacanora T88*Salamanca S75. La comparación de medias por combinación para peso hectolítrico se muestran en el Cuadro 7. Donde se observa que valores altos, corresponden a combinaciones recombinantes sin la translocación; mientras que valores bajos presentaron las combinaciones 2*, 7+9, 5+10, c, j, b y 2*, 7+9, 2+12, (asociadas al alelo *Glu-B3j*), lo cual no concuerda con Villareal *et al.* (1998) y Lelley *et al.* (2004), quienes reportaron que genotipos con la translocación 1R aumentaron el peso hectolítrico.

Breed Bacanora T88*Salamanca S75

Translocation 1BL.1RS was identified in three different combinations from HMWG and LMWG in breed Bacanora T88*Salamanca S75. The comparison of averages per combination for hectoliter weight is shown in Table 7. Where it is observed that high values correspond to recombinant combinations without translocation; while low values presented the combinations 2*, 7+9, 5+10, c, j, b and 2*, 7+9, 2+12, (associated to allele *Glu-B3j*), which doesn't agree with Villareal *et al.* (1998) and Lelley *et al.* (2004) who reported that genotypes with translocation 1R increased hectoliter weight.

Cuadro 7. Comparación de medias de peso hectolítrico de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Bacanora T88*Salamanca S75, en primavera-verano, 2008.**Table 7. Comparison of averages of hectoliter weight of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Bacanora T88*Salamanca S75, in spring-summer, 2008.**

GAPM			GBPM			Peso hectolítrico (kg hL ⁻¹)
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
2*	7+9	5+10	c	g	b	79.6 a
2*	7+8	2+12	c	g	b	78.9 ba
2*	7+8	5+10	c	g	b	78.7 ba
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	78.4 ba
(S) 2*	7+8	2+12	c	g	b	77.8 bac
2*	7+9	5+10	c	j	b	77.2 bc
2*	7+9	2+12	c	j	b	76 c

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; B= Bacanora T88; S= Salamanca S75. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 8 se presentan las medias por combinación para dureza de grano. En este mismo cuadro se puede observar que las combinaciones con y sin el alelo *Glu-B3j* se asociaron al endospermo semi-duro a duro. La mayoría de las combinaciones sin 1R, incluyendo el progenitor Salamanca S75, mostraron valores de endospermo semi-suave. Por otro lado, las combinaciones 2*, 7+8, 2+12, c, g, b y 2*, 7+9, 5+10, c, j, b correspondientes a Bacanora T88 y Salamanca S75, respectivamente, se clasificaron con dureza de grano semiduro y duro, lo cual no concuerda con Amiour *et al.* (2002); Nishio *et al.* (2007) quienes no encontraron diferencia entre genotipos con y sin 1BL.1RS.

In Table 8 are shown averages per combination for grain hardness. In this same table can be observed that combinations with and without allele *Glu-B3j* were associated to semi-hard to hard endosperm. Most of the combinations without R, including progenitor Salamanca S75, showed values of semi-soft endosperm. On the other hand, combinations 2*, 7+8, 2+12, c, g, b and 2*, 7+9, 5+10, c, j, b corresponding to Bacanora T88 and Salamanca S75, respectively, were classified with semi-hard and hard grain hardness, which doesn't agree with Amiour *et al.* (2002); Nishio *et al.* (2007) who didn't find difference among genotypes with and without 1BL.1RS.

Cuadro 8. Comparación de medias de dureza de grano de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Bacanora T88*Salamanca S75 en primavera-verano, 2008.**Table 8. Comparison of averages of grain hardness of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Bacanora T88*Salamanca S75 in spring-summer, 2008.**

GAPM			GBPM			Dureza de grano (%)
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
(S) 2*	7+8	2+12	c	g	b	57 a
2*	7+9	5+10	c	g	b	56 ba
2*	7+8	2+12	c	g	b	49.4 bac
2*	7+9	5+10	c	j	b	49.2 bac
2*	7+9	2+12	c	j	b	47.9 bc
2*	7+8	5+10	c	g	b	46.6 c
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	44.3 c

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; B= Bacanora T88; S= Salamanca S75. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

En el Cuadro 9 y 10 se muestra la comparación de medias por combinación para proteína en grano y harina, respectivamente; donde se observan que las combinaciones 2*, 7+9, 2+12, c, j, b y 2*, 7+9, 5+10, c, j, b mostraron valores altos; sin embargo, combinaciones sin translocación se asociaron a porcentajes estadísticamente iguales, resultados similares fueron reportados por Kim *et al.* (2005). Por otro lado, la combinación de Salamanca S75 sin el alelo *Glu-B3j*, se asocio al valor más bajo de proteína, esto último no se asemeja con lo reportado por Amour *et al.* (2002).

In Table 9 and 10 is shown the comparison of averages per combination for protein in grain and flour, respectively; where there are observed that combinations 2*, 7+9, 2+12, c, j, b and 2*, 7+9, 5+10, c, j, b showed high values; however, combinations without translocation were associated to percentages statistically equal, similar results were reported by Kim *et al.* (2005). On the other hand, the combination of Salamanca S75 without the allele *Glu-B3j*, was associated to lowest value in protein, this last it doesn't meet with that reported by Amour *et al.* (2002).

Cuadro 9. Comparación medias de proteína en grano de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Bacanora T88*Salamanca S75 en primavera-verano, 2008.

Table 9. Comparison average of protein in grain of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Bacanora T88*Salamanca S75 in spring-summer, 2008.

GAPM			GBPM			Proteína en grano (%)
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
2*	7+9	2+12	c	j	b	13.8 a
2*	7+9	5+10	c	j	b	13.6 ba
2*	7+9	5+10	c	g	b	13.5 ba
2*	7+8	2+12	c	g	b	12.9 bac
2*	7+8	5+10	c	g	b	12.5 bdc
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	12.1 dc
(S) 2*	7+8	2+12	c	g	b	11.4 d

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; B= Bacanora T88; S= Salamanca S75. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

Cuadro 10. Comparación de medias de proteína en harina de combinaciones con y sin translocación (*Glu-B3j*) de líneas derivadas de Bacanora T88*Salamanca S75 en primavera-verano, 2008.

Table 10. Comparison of average protein in flour of combinations with and without translocation (*Glu-B3j*) of derived lines of Bacanora T88*Salamanca S75 in spring-summer, 2008.

GAPM			GBPM			Proteína en harina (%)
<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	<i>Glu-A3</i>	<i>Glu-B3</i>	<i>Glu-D3</i>	
2*	7+9	2+12	c	j	b	12.2 a
2*	7+9	5+10	c	j	b	11.9 ba
2*	7+8	2+12	c	g	b	11.8 ba
2*	7+9	5+10	c	g	b	11.4 bac
2*	7+8	5+10	c	g	b	11.3 bac
(B) 2*	7+9	5+10	c	j	b	10.6 bc
(S) 2*	7+8	2+12	c	g	b	10.1 c

GAPM= gluteninas de alto peso molecular; GBPM= gluteninas de bajo peso molecular; B= Bacanora T88; S= Salamanca S75. Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales.

La evaluación de la translocación en ambas cruza; es decir, en fondos genéticos distintos de GAPM y GBPM, permitió identificar líneas con combinaciones que afectan de manera positiva o negativa al peso hectolítrico, así como a la dureza del grano y al contenido de proteína en grano y harina.

CONCLUSIONES

En la cruza Gálvez M87*Bacanora T88 la combinación 2*, 7+9, 5+10, b, j, c, se asoció con mayor peso hectolítrico; mientras que la combinación 2*, 7+9, 5+10, c, j, b, mostró valores más altos para dureza y proteína en grano y harina. En la cruza Bacanora T88*Salamanca S75 la combinación 2*, 7+9, 5+10, c, j, b, favoreció el peso hectolítrico y aumento la dureza del grano. Por otro lado la combinación 2*, 7+9, 2+12, c, j, b, se relacionó al valor más alto de proteína en grano y harina.

LITERATURA CITADA

- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. Approved methods of the AACC. 9th Edition. St. Paul, MN, USA.
- Amiour, N.; Jahier, J.; Tanguy, A. M.; Chiron, H. and Branlard, G. 2002. Effect of 1R (1A), 1R (1B) and 1R (1D) substitution on technological value of bread wheat. *J. Cereal Sci.* 35:149-160.
- Branlard, G.; Dardevet, M.; Amiour, N. and Igrejas, G. 2003. Allelic diversity of HMW and LMW glutenin subunits and omega-gliadins in French bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Gen. Res. Crop Evol.* 50:669-679.
- Bullrich, L.; Tranquilli, G.; Pfluger, L. A.; Suárez, E. Y. and Barneix, A. J. 1998. Bread-making quality and yield performance of 1BL/1RS wheat isogenic lines. *Plant Breed.* 117:119-122.
- Dvořáček, V.; Bradová, J. and Stehno, Z. 2006. Effect of 1B/1R translocation on selected grain quality parameters in a set of doubled haploid wheat lines. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 42(2):50-57.
- Gaines, C. S.; Finney, P. L. and Andrews, C. 1997. Influence of kernel size and shriveling on soft wheat milling and baking quality. *Cereal Chem.* 74(6):700-7004.

The evaluation of translocation in both breeds, that is to say, in genetic origins different from HMWG and LMWG, it allowed to identify lines with combinations that positively or negatively affect to hectoliter weight, as well as to grain hardness and protein content in grain and flour.

CONCLUSIONS

In breed Gálvez M87*Bacanora T88 combination 2*, 7+9, 5+10, b, j, c, associated with more hectoliter weight; while combination 2*, 7+9, 5+10, c, j, b, showed higher values for hardness and protein in grain and flour. In breed Bacanora T88*Salamanca S75 combination 2*, 7+9, 5+10, c, j, b, favored hectoliter weight and increase the hardness grain. On the other hand, combination 2*, 7+9, 2+12, c, j, b, was related to highest value in protein in grain and flour.

End of the English version



- Gobaa, S.; Brabant, C.; Kleijer, G. and Stamp, P. 2008. Effect of the 1BL.1RS translocation and of the *Glu-B3* variation on fifteen quality tests in a doubled haploid population of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cereal Sci.* 48:598-603.
- Gupta, R. B. and Shepherd, K. W. 1992. Identification of rye chromosome 1R translocations and subunits in hexaploid wheats using storage proteins as genetic markers. *Plant Breed.* 109:130-140.
- Jackson, E. A.; Morel, M. H.; Sontag-Strohm, T.; Branlard, G.; Metakovsky, E. V. and Redaelli, R. 1996. Proposal for combining the classification systems of alleles of *Gli-1* and *Glu-3* loci in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) *J. Genet. Breed.* 50:321-336.
- Kent, N. L. 1983. Technology of cereals. An introduction for students of food science and agriculture. 3rd Edition. Pergamon Press. U. K. 221 p.
- Kim, W.; Johnson, J. W.; Baenziger, P. S.; Lukaszewski, A. J. and Gaines, C. S. 2005. Quality effect of wheat-rye (1R) translocation in 'Pavon 76'. *Plant Breed.* 124:334-337.

- Lelley, T.; Eder, C. and Grausgruben, H. 2004. Influence of 1BL.1RS wheat-rye chromosome translocation on genotype by environment interaction. *J. Cereal Sci.* 39:313-320.
- Martin, P. and Carrillo, J. M. 1999. Cumulative and interaction effects of prolamin allelic variation and of 1BL/1RS translocation on flour quality in bread wheat. *Euphytica*. 108:29-39.
- Miller, B. S.; Afework, S.; Pomeranz, Y.; Bruinsma, B. and Boot, G. D. 1982. Measuring the hardness of wheat. *Cereal Foods World*. 27:65-75.
- Nishio, Z.; Takata, K.; Ito, M.; Tabiki, T.; Ikeda, T. M.; Fujita, Y.; Maruyama-Funatsuki, W.; Iriki, N. and Yamauchi, H. 2007. Small-scale bread-quality-test performance heritability in bread wheat: influence of high molecular weight glutenin subunits and the 1BL.1RS translocation. *Crop Sci.* 47:1451-1458.
- Payne, P. I. and Lawrence, G. J. 1983. Catalogue of alleles for the complex loci *Glu-A1*, *Glu-B1* and *Glu-D1*, which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 11:29-35.
- Peña, R. J.; Amaya, A.; Rajaram, S. and Mujeeb-kazi, A. 1990. Variation in quality characteristics associated with some spring 1B/1R translocation wheats. *J. Cereal Sci.* 12:105-112.
- Peña, B. R. J.; González, S. H. and Cervantes, F. 2004. Relationship between *Glu-D1/GluB-3* allelic combinations and bread making quality-related parameters commonly used in wheat breeding. *In*: Masci, S. and Lafiandra, D. (eds.). Proceedings of the 8th. International Gluten Workshop. Viterbo, Italy. 156-157 pp.
- Rajaram, S. R. and Braun, H. J. 2008. Wheat yield potential. *In*: Reynolds, M. P.; Pietragalla, J. and Braun, H. J. (eds.). International Symposium on Wheat Yield Potential: Challenges to International Wheat Breeding. CIMMYT. México, D. F. 103-107 pp.
- Statistical Analysis System (SAS Institute), 1994. SAS/STAT User's Guide: GLMVARCOMP. 6.04. Fourth edition. Cary, NC, USA. 891-996 pp.
- Singh, N. K.; Shepherd, K. W. and Cornish, G. B. 1991. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 14:203-208.
- Villareal, R. L.; Bañuelos, O.; Mujeeb-Kazi, A. and Rajaram, S. 1998. Agronomic performance of chromosomes 1B and T1BL.1RS near-isolines in the spring bread wheat Seri M82. *Euphytica* 103:195-202.
- Zeller, F. J. and Hsam, S. L. K. 1983. Broadening the genetic variability of cultivated wheat by utilizing rye chromatin. *In*: proceedings of the 6th. International Wheat Genetics Symposium. S. Sakamoto (ed.). Kyoto University, Kyoto. 161-173 pp.