

Luminaria F2012, nueva variedad de trigo harinero para riego restringido en El Bajío*

Luminaria F2012, new bread wheat variety for restricted irrigation in El Bajío

Ernesto Solís Moya¹*, Julio Huerta Espino², Héctor Eduardo Villaseñor Mir², Patricia Pérez Herrera², Aquilino Ramírez Ramírez¹, Lourdes Ledesma Ramírez¹ y María De Lourdes De La Cruz González¹

¹Campo Experimental Bajío- INIFAP. Celaya Guanajuato, México. A. P. 112 C. P. 38000 Tel. 01 (461) 6115323. ²Campo Experimental Valle de México- INIFAP. Carretera los Reyes- Texcoco, km 13.5. Coatlínchán, Texcoco, Estado de México, C. P. 56250. *Autor para correspondencia: esolismoya@hotmail.com.

Resumen

Los esfuerzos recientes en el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), han permitido el desarrollo de variedades de trigo de alto rendimiento y altos niveles de resistencia a las enfermedades. Entre estos genotipos superiores esta la nueva variedad Luminaria F2012 que supera el rendimiento de Bárcenas S2002 con 8% además es resistente a roya lineal amarilla, moderadamente resistente a roya de la hoja y de calidad similar. La semilla de Luminaria F2012 está disponible en el Campo Experimental Bajío del INIFAP.

Palabras clave: rendimiento, resistencia de planta adulta, roya amarilla

Introducción

En el Bajío existe una sobreexplotación de los acuíferos que ocasiona un abatimiento entre 3 y 6 m por año (Ledesma *et al.*, 2012). El acuífero del Valle de Celaya (el más grande del estado) tiene una recarga de 380 millones de M³ por año, contra una extracción de 595 millones de M³ que generan un déficit de 215 millones de M³ al año; en algunas áreas del

Abstract

Recent efforts at the Bajío Experimental Field of the National Research Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) have allowed the development of varieties of high-yielding wheat and high levels of disease resistance. Among these is the new superior genotypes Luminaria F2012 range that outperforms Bárcenas S2002 with 8% resistant to stripe rust, moderately resistant to leaf rust and of similar quality. Luminaria F2012 seed is available in the Bajío Experimental Field.

Key words: yield, adult plant resistance, yellow rust.

Introduction

In the Bajío, there is an overexploitation of aquifers that causes a depression between 3 and 6 m per year (Ledesma *et al.*, 2012). The Celaya Valley aquifer (the largest in the State) has a charge of 380 million M³ per year, against an extraction of 595 million M³ that generate a deficit of 215 million M³ a year, in some areas of the State is even extracted at 500 m water depth. Strategies to counter the overexploitation of the aquifer are mainly based on

* Recibido: junio de 2013
Aceptado: enero de 2014

estado se extrae agua a 500 m de profundidad. Las estrategias para contrarrestar la sobreexplotación del acuífero se basan principalmente en el manejo agronómico de los cultivos donde el uso del riego por goteo y la agricultura de conservación, dejando los residuos en la superficie, son los factores más importantes, en el corto plazo. Estas estrategias deben ser complementadas con el uso de variedades eficientes en el uso del agua que con menores láminas de riego sean capaces de alcanzar el rendimiento promedio de la región.

El Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIFAP en el estado de Guanajuato ha generado nuevos genotipos de alto rendimiento, eficientes en el uso del agua, con mayor resistencia a royas que las variedades comerciales, de gluten fuerte y precoces. Entre ellos está la nueva variedad Luminaria F2012, la cual supera con 89% a Monarca F2007 cuando el ambiente es favorable para el desarrollo de la roya lineal en el Bajío. Además, bajo riego restringido supera a Salamanca S75 con 9%. Por sus altos rendimientos en ambientes con roya, la variedad Luminaria F2012 se pone a disposición de los productores de El Bajío; sus principales características fenotípicas y su comportamiento agronómico, se describe a continuación.

De acuerdo con la ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas vigente en México, y después de haber reunido los requisitos que marca la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), la variedad Luminaria F2012 fue inscrita y protegida en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) con el número 2850-TRI-136-120413/C.

La variedad de trigo harinero Luminaria F2012 es de hábito de primavera, y fue obtenida en el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo del INIFAP en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ), por hibridación y selección a través del método de mejoramiento genético masal con selección, mediante la cruce entre los progenitores CONDOR/LIZ, cuyo número de cruce e historia de selección es TR04158-14R-0C-0R-3RSE-1RSE-0R.

La variedad Luminaria F2012 es de hábito de crecimiento de primavera, semienana, de 84 cm de altura; su ciclo vegetativo es precoz, con 75 días a floración y 124 días a madurez fisiológica. La espiga es de color blanco, piramidal, densidad media, con barbas, tiene una longitud de 15.7 a 19.8 cm, y produce de 19 a 22 espiguillas de las cuales 1 ó 2 en la base pueden ser estériles. Generalmente produce tres granos en la base, cuatro en la parte

the agronomic management of crops where the use of drip irrigation and conservation agriculture, leaving residues on the surface, are the most important factors in the short term. These strategies should be complemented with the use of efficient varieties of water with lower levels of water are able to reach the average of the region.

The Wheat Breeding Program of the INIFAP in the State of Guanajuato has created new high-throughput genotyping, efficient water use, more rust resistance than commercial varieties, of strong and early gluten. Among them is the new Luminaria F2012, which exceeds 89% at Monarch F2007 when the environment is favorable for the development of stripe rust in the Bajío. In addition, under restricted irrigation exceeds Salamanca S75 with 9%. For its high yields in environments with rust, Luminaria F2012 is available to producers Bajío; their main phenotypic and agronomic behavior is described below.

According to the law the Production, Certification and Seed Trade force in Mexico, and after having met the requirements set by the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV), the Luminaria F2012 was registered and protected in the National Catalogue of Plant Varieties (CNVV) with number 2850-TRI-136-120413/C.

The Luminaria F2012 bread wheat variety is of spring habit, and was obtained in the Wheat Breeding Program in the Bajío Experimental Field of the INIFAP (CEBAJ), by hybridization and selection through mass selection breeding method with selection, by crosses between parents CONDOR/LIZ, the number of crosses and selection history is TR04158-14R-0C-0R-3RSE-1RSE-0R.

Luminaria F2012 is of spring growth habit, semi-dwarf, 84 cm tall its growth cycle is early, with 75 days to 124 days to flowering and physiological maturity. The pin is white pyramidal medium density baleen has a length of 15.7 to 19.8 cm, and produces 19 to 22 spikelets of which 1 or 2 in the base can be sterile. Three grains usually occurs in the base, four in the middle, and three at the apex. The glumes are white, measure 10.2 to 11.7 mm long and 3.6 to 4.4 mm wide. The bill is long, 19 mm in length. The predominant form of the shoulder is high. The grain is red, ovoid, rounded edges and strong endosperm.

media y tres en el ápice. Las glumas son de color blanco, miden de 10.2 a 11.7 mm de largo y de 3.6 a 4.4 mm de ancho. El pico es largo, de 19 mm de longitud. La forma predominante del hombro es elevado. El grano es de color rojo, de forma ovoide, bordes redondeados y endospermo fuerte.

Luminaria F2012, posee los genes de resistencia *Lr1*, *Lr3*, *Lr14b*, y *Lr17* que son de raza específica. Éstos genes son efectivos en estado de plántula a las razas CBJ/QQ (Huerta-Espino y Singh, 1994), LCJ/BN, TCT/QB, y MFB/SP respectivamente (Singh, 1991). Sin embargo, éstos genes son inefectivos a las razas TBD/TM (Singh, 1991), MBJ/SP y MCJ/SP (Singh y Dubin, 1997). Las razas MBJ/SP y MCJ/SP son las más comunes tanto en áreas de temporal (Solís, *et al.*, 2003) como en las áreas de riego (Singh y Dubin 1997) en México. En planta adulta, la resistencia de Luminaria F2012, se basa en la acción de por lo menos cuatro genes de efecto aditivo.

Uno de ellos es el gen *Lr34* localizado en el cromosoma 7D que está asociado a la quemadura de la punta de la hoja y para el cual existen marcadores moleculares de diagnóstico (Kratinger *et al.*, 2009; Lagudad *et al.*, 2006). El segundo gen es *Lr46* localizado en el cromosoma 1BL e inicialmente identificado en la variedad Pavón F76. *Lr46* también ha sido asociado con la quemadura de la punta de la hoja (Rosewarne *et al.*, 2006) y de manera similar a como se determinó la presencia de *Lr34*, así también se determinó la presencia de *Lr46* mediante el uso de un marcador molecular.

El tercer gen de resistencia de efecto aditivo fue el gen *Lr68* localizado en el cromosoma 7BL. El comportamiento de Luminaria F2012; sin embargo, no se explica totalmente con la presencia de los genes antes mencionados, por lo que es posible la existencia de un cuarto gen aun no catalogado; lo anterior se puede comprobar mediante el análisis genético de la resistencia a la roya de la hoja en Luminaria F2012.

Los altos niveles de resistencia a roya amarilla en campo de Luminaria F2012 (menores de 10%) cuando se realizan inoculaciones artificiales indican que la nueva variedad basa su resistencia a roya lineal en por lo menos tres genes de desarrollo lento en planta adulta (Singh *et al.*, 2001).

En planta adulta se determinó la presencia de *Yr18* y *Yr29* mediante el uso de marcadores moleculares (Kratinger *et al.*, 2009; Lagudad *et al.*, 2006). Se pudo identificar otro gen cuyos efectos son menores en forma individual que los de *Yr18* y *Yr29*; sin embargo, junto con estos genes provoca que la resistencia en Luminaria F2012 sea muy alta. Este

Luminaria F2012 has the resistance genes *Lr1*, *Lr3*, *Lr14b*, and *LR17* which are of specific breed. These genes are effective at the seedling to the races CBJ/QQ (Huerta-Espino and Singh, 1994), LCJ/BN, TCT/QB, and MFB/SP respectively (Singh, 1991). However, these genes are ineffective to races TBD/TM (Singh, 1991), MBJ/SP, MCJ/SP (Singh and Dubin, 1997). The races MBJ/SP and MCJ/SP are the most common in both temporal areas (Solís *et al.*, 2003) and in irrigated areas (Singh and Dubin 1997) in Mexico. In adult plant, the resistance of Luminaria F2012 is based on the action of at least four genes additive effect.

One is the gene *Lr34* located on chromosome 7D that is associated to the burn of the tip of the leaf and for which there diagnostic molecular markers (Kratinger *et al.*, 2009; Lagudad *et al.*, 2006). The second gene *Lr46* located on chromosome 1BL and initially identified in the cichlid variety F76. *Lr46* also been associated with the burn of the tip of the leaf (Rosewarne *et al.*, 2006) and similar to as was determined *Lr34* presence and, also the presence of *Lr46* determined by using a molecular marker.

The third resistance gene was additive effect *LR68* gene located on chromosome 7BL. Luminaria F2012 behavior, but not fully explained by the presence of the aforementioned genes, so it is possible the existence of a fourth gene not yet labeled, the above can be determined by genetic analysis of resistance to leaf rust in Luminaria F2012.

High levels of resistance to yellow rust of Luminaria F2012 in field (under 10%) when making artificial inoculations indicate that the new variety based their resistance to stripe rust in at least three slow developmental genes in adult plants (Singh *et al.*, 2001).

In adult plant indicated the presence of *YR18* and *Yr29* using molecular markers (Kratinger *et al.*, 2009; Lagudad *et al.*, 2006). We managed to identify another gene whose effects are individually smaller than in *YR18* and *Yr29*; however, along with these genes causes a very high resistance for Luminaria F2012. This gene is also linked to the burning of the tip of the leaf and so far unknown location on chromosome 7B and it is possible that the *LR68* gene is also conferring resistance to yellow rust and is the same gene as *Lr34/YR18*, *Lr46/Yr29* and *Lr67/Yr46*. Luminaria F2012 resistance to yellow rust is superior to that shown by Urbina S2007, wich has 10MR

gen esta también ligado a la quemadura de la punta de la hoja y hasta el momento se desconoce su ubicación en el cromosoma 7B y es posible que el gen *Lr68*, también este confiriendo resistencia a la roya amarilla y que sea el mismo gen como en los casos de *Lr34/Yr18*, *Lr46/Yr29* y *Lr67/Yr46*. La resistencia de Luminaria F2012 a la roya amarilla es superior a la mostrada por Urbina S2007 siendo ésta de 10MR cuando Urbina S2007 mostró 40MS en la escala modificada de Cobb (Peterson *et al.*, 1948), lo que indica la posible existencia de otro gen aun no catalogado y que puede ser de raza específica o de raza no específica.

Esta variedad muestra gran estabilidad en un amplio rango de fechas de siembra y tiene un rendimiento potencial de 9 t ha⁻¹ en el periodo comprendido entre el 16 de noviembre y el 31 de diciembre. Al comparar el rendimiento de Luminaria F2012 con el obtenido por las variedades de trigo harinero recomendadas para El Bajío, durante los ciclos otoño-invierno 2009-2010 (donde algunas variedades presentaron un fuerte daño de roya), 2010-2011 y 2011-2012, se observó que la nueva variedad superó a Salamanca S75, Monarca F2007, Cortazar S94, Bárcenas S2002, Urbina S2007 y Maya S2007 con 29.8%, 24.8%, 19.8%, 8.0%, 6.7% y 3.9%, respectivamente, su rendimiento fue superior a cualquier variedad en el periodo del 01 al 31 de diciembre, y similar al de Maya S2007 en fechas tardías realizadas el 15 enero. Al evaluarse en calendarios de dos y tres riegos; se observó que la nueva variedad fue superior a todas las variedades en promedio de los dos calendarios; bajo riego restringido (2 y 3 riegos) Luminaria F2012 supera a Salamanca S75 en 9.3%.

La nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte Luminaria F2012 producido en condiciones de riego supera en 2 unidades el peso hectolítrico de las variedades testigo Eneida F94 y Monarca F2007; y en 5 unidades el nivel mínimo de peso hectolítrico requerido para el trigo harinero del grupo 1, en el máximo grado de calidad México 1. El índice de perlado promedio de la nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte Luminaria F2012 producido en condiciones de riego es 40%, representativo de la clasificación de los trigos duros, generalmente de gluten fuerte. El nivel de proteína del grano de la nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte Luminaria F2012 producido en condiciones de riego (12.5%) es aceptable para su uso en la industria de la panificación; igual al de Eneida F94 y superior en 0.8 puntos porcentuales al de la variedad Monarca F2007, que presenta valores de 11.7%.

when Urbina S2007 showed 40MS in the modified Cobb (Peterson *et al.*, 1948), suggesting the possible existence of other gene not yet cataloged and can be specific race or race nonspecific.

This variety shows high stability over a wide range of planting dates and has a potential yield of 9 t ha⁻¹ in the period between November 16 and December 31. When comparing the yield of Luminaria F2012 with that obtained by bread wheat varieties recommended for El Bajío, during the autumn-winter 2009-2010 cycles (where some varieties showed a strong rust damage), 2010-2011 and 2011-2012 was observed that the new strain beat Salamanca S75, Monarch F2007, Cortazar S94, Bárcenas S2002, Urbina S2007 and Maya S2007 with 29.8%, 24.8%, 19.8%, 8.0%, 6.7% and 3.9%, respectively, their yield was superior than any other variety in the period from December 01 to 31 and similar to Maya S2007 in late dates held on January 15. When evaluated in two and three calendars irrigations showed that the new variety was superior to all varieties average of the two calendars; under restricted irrigation (2 and 3 irrigations) Luminaria F2012 exceeds Salamanca S75 by 9.3%.

The new variety of strong gluten wheat flour Luminaria F2012 produced under irrigation exceeds 2 units test weight of the control varieties Eneida F94 and Monarch F2007, and 5 units minimum level required test weight for wheat flour group 1, the highest degree of quality Mexico 1. The average pearl index of the new variety of strong gluten wheat flour produced Luminaria F2012 under irrigation is 40%, representing the classification of durum wheat, strong gluten generally. The grain protein level of the new variety of strong gluten wheat flour Luminaria F2012 produced under irrigation (12.5%) is acceptable for use in the baking industry; equal to Eneida F94 and higher by 0.8 percentage points to Monarch F2007 variety, which has 11.7% values.

The sedimentation rate of new Luminaria F2012 of strong gluten wheat flour produced under irrigation (46 cc), corresponding to a variety of strong gluten and is similar to those of the control varieties Eneida F94 strong gluten and Monarch F2007 (47 and 45 cc, respectively). The protein content in refined flour of the new variety of strong gluten wheat flour of Luminaria F2012 produced under irrigation (10.4%) is acceptable for use in industry.

El índice de sedimentación de la nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte Luminaria F2012 producido en condiciones de riego (46 cc), corresponde al de una variedad de gluten fuerte y es semejante a los de las variedades testigo de gluten fuerte Eneida F94 y Monarca F2007 (47 y 45 cc, respectivamente). El contenido de proteína en la harina refinada de la nueva variedad de trigo harinero de gluten fuerte Luminaria F2012 producido en condiciones de riego (10.4%) es aceptable para su uso en la industria.

Dicho valor resulta inferior en tan solo 0.1 y superior en 0.7 puntos porcentuales respecto a los contenidos de proteína en harina de las variedades testigo Eneida F94 y Monarca F2007 (10.5 y 9.7%, respectivamente). La fuerza de gluten de Luminaria F2012 producido en condiciones de riego es de $549 \text{ W} \times 10^{-4} \text{ J}$, característica de los trigos de gluten fuerte. La fuerza de gluten de esta nueva variedad resulta considerablemente superior al de las variedades testigo de gluten fuerte Eneida F94 y Monarca F2007 (453 y $351 \text{ W} \times 10^{-4} \text{ J}$, respectivamente), aptas para su uso en la industria de la panificación mecanizada.

Luminaria F2012 presenta un gluten tenaz ($T/L = 1.6$), ligeramente mayor al de las variedades testigo Eneida F94 y Monarca F2012 ($T/L = 1.4$ y 1.3 , respectivamente). Aunque el gluten fuerte de la nueva variedad de trigo harinero Luminaria F2012, es ligeramente tenaz, permite obtener buenos volúmenes de pan (promedio de 759 cc); comportamiento similar al de la variedad testigo Monarca F2007 (766 cc) y cercano, aunque menor, al de la variedad testigo Eneida F94 (839 cc). La miga de los panes elaborados con harina de la nueva variedad Luminaria F2012 presenta buen color y estructura regular; comparable a las características del pan producido con harina de la variedad testigo Monarca F2007. Las gluteninas de alto peso molecular representan de 5 a 10% de la proteína total (Payne, 1986).

Aun cuando este tipo de gluteninas representa la menor proporción de la proteína total, es el que más contribuye a la elasticidad y fuerza del gluten (Payne, 1987; Shewry *et al.*, 1992). Luminaria F2012 presenta las gluteninas de alto peso molecular 2* asociadas al genoma A, 17+18 asociada al genoma B y 5+10 asociada al genoma D, que se encuentran relacionadas con altas fuerzas del gluten y elevados volúmenes de sedimentación. Estas características se encuentran relacionadas a su vez con

This value is lower than 0.1 and higher only by 0.7 percentage points compared to the content of protein in flour control varieties Eneida F94 and Monarch F2007 (10.5 and 9.7%, respectively). The gluten strength of F2012 produced under irrigation is $549 \text{ W} \times 10^{-4} \text{ J}$, characteristic of strong gluten wheat. The gluten strength of this new variety is significantly higher than the control varieties of strong gluten Eneida F94 and Monarch F2007 (453 and $351 \text{ W} \times 10^{-4} \text{ J}$, respectively), suitable for use in the mechanized baking industry.

Luminaria F2012 has a tenacious gluten ($T/L = 1.6$), slightly higher than the control varieties and Eneida F94 and Monarch F2012 ($T/L = 1.4$ and 1.3 , respectively). Although the strong gluten bread wheat new variety Luminaria F2012 is slightly tough, producing good bread volume (mean 759 cc), behavior similar to the control variety Monarch F2007 (766 cc) and close, although smaller, that of the control variety Eneida F94 (839 cc). The crumb of the bread made from flour of this new strain has good color and regular structure, comparable to the characteristics of bread flour produced of the control Monarch F2007 variety. The high molecular weight of glutenin represents 5 to 10% of total protein (Payne, 1986).

Although, this type of glutenin represents the lowest proportion of the total protein, is the largest contributor to the elasticity and strength of gluten (Payne, 1987; Shewry *et al.*, 1992). Luminaria F2012 has the high molecular weight of glutenin 2* associated with the genome A, 17+18 associated genome B and 5+10 and D, which are associated with high gluten strength and high sedimentation volumes. These characteristics are in turn related with high-quality bread, *i.e.* wheat with this type of high molecular weight glutenin, are capable of generating high volume breads.

The new variety Luminaria F2012 is recommended for El Bajío region, comprising the States of Guanajuato, Michoacán, Jalisco and Queretaro, with heights of 1 500 to 1 800 meters above sea level, average temperature of 20°C and precipitation of 450 to 650 mm.

End of the English version



una alta calidad de panificación; es decir, los trigos que presentan este tipo de gluteninas de alto peso molecular, son capaces de generar panes de alto volumen.

La nueva variedad Luminaria F2012 se recomienda para la región denominada El Bajío, la cual comprende parte de los estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro, con alturas de 1 500 a 1 800 msnm, temperatura media de 20 °C y precipitación de 450 a 650 mm.

La semilla básica de Luminaria F2012, estará disponible en el INIFAP - Campo Experimental Bajío para su venta a las compañías productoras de semilla que lo soliciten desde julio de 2013.

Agradecimientos

A la Fundación Guanajuato Produce A. C. por el financiamiento parcial al proyecto 562/11. “Materiales de trigo adaptados y con características para la producción en el estado de Guanajuato, y de alta calidad para la industria (de gluten suave y gluten fuerte)”. Asimismo, hacen extensivo este agradecimiento al CONACyT por el financiamiento parcial para llevar a cabo las evaluaciones finales de ésta nueva variedad, proyecto CONACYT-SAGARPA-COFUPRO. “Sistema de mejoramiento genético para generar variedades de trigo resistentes a royas, de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable en México”.

Literatura citada

Huerta-Espino, J. and Singh, R. P. 1994. First report of virulence for wheat leaf rust resistance gene *Lr19* in Mexico. *Plant Dis.* 78:640.

- Krattinger, S. G.; Lagudah, E. S.; Spielmeier, W.; Singh, R. P.; Huerta-Espino, J.; McFadden, H.; Bossolini, E.; Selter, L. L. and Keller, B. 2009. A putative ABC transporter confers durable resistance to multiple fungal pathogens in wheat. *Science* 323:1360-1363.
- Lagudah, E. S.; McFadden, H.; Singh, R. P.; Huerta-Espino, J.; Bariana, H. S. and Spielmeier, W. 2006. Molecular genetic characterization of the *Lr34/Yr18* slow rusting resistance gene region in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 114:21-30.
- Ledesma, R. L.; Solís, M. E.; Suaste, F. M. P.; Rodríguez, C. J. F. y De la Cruz, G. M. L. 2012. Análisis GGE biplot del rendimiento de trigo (*Triticum* spp.) con riego normal y restringido en el Bajío, México. *Agrociencia* 2(46):119-131.
- Payne, P. I. 1986. Endosperm proteins. *In: plant gene research: a genetic approach to plant biochemistry.* Blonstein, A. D. and King, P. J. (Eds.). Springer-Verlag. New York. 207-301 pp.
- Payne, P. I. 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread making quality. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 8:141-153.
- Peterson, R. F.; Campbell, A. B. and Hannah, A. E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaf and stems of cereals. *Can. J. Res. Sect. C.* 26:496-500.
- Rosewarne, G. M.; Singh, R. P.; Huerta-Espino, J.; William, H. M.; Bouchet, S.; Cloutier, S.; McFadden, H. and Lagudah, E. S. 2006. Leaf tip necrosis, molecular Markers and 1-proteasome subunits associated with the slow rusting resistance genes *Lr46/Yr29*. *Theor. Appl. Genet.* 112:500-508.
- Shewry, P. R.; Halford, N. G. and Tatham, A. S. 1992. High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 15:105-120.
- Singh, R. P. 1991. Pathogenicity variations of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and *P. graminis* f. sp. *tritici* in wheat growing areas of Mexico during 1988 and 1989. *Plant Dis.* 75:790-794.
- Singh, R. P. and Dubin, H. J. 1997. Sustainable control of wheat diseases in wheat. *In: Memorias Primer Simposio Internacional de Trigo.* 7-9 April, Cd. Obregón, Sonora, México. 93-103 pp.
- Singh, R. P.; Huerta-Espino, J. and William, M. 2001. Slow rusting genes based resistance to leaf and yellow rusts in wheat: genetics and breeding at CIMMYT. *In: Eastwood, R.; Hollamby, G Rathjen, T. and Gororo, N. (Eds.). Wheat breeding society of Australia 10th Assembly Proceedings.* 16-21 September, 2001. Mildura, Australia. 103-108 p.
- Solís, M. E.; Salazar, Z. A.; Huerta, E. J.; Villaseñor, M. H. E.; Espitia, R. E. y Ramírez, R. A. 2003. Bárcenas S2002; nueva variedad de trigo harinero para El Bajío. Celaya Guanajuato, México. INIFAP, Campo Experimental Bajío. Folleto técnico Núm. 1. 24 p.