

## MAYA S2007: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA LA REGIÓN “EL BAJÍO”, MÉXICO\*

### MAYA S2007: NEW BREAD WHEAT VARIETY FOR “EL BAJIO” REGION, MEXICO

**Ernesto Solís Moya<sup>1§</sup>, Julio Huerta Espino<sup>2</sup>, Héctor Eduardo Villaseñor Mir<sup>2</sup>, Aquilino Ramírez Ramírez<sup>1</sup> y Patricia Pérez Herrera<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de trigo, Campo Experimental Bajío, INIFAP. Apartado Postal 112, C. P. 38000, Celaya Guanajuato, México. <sup>2</sup>Programa de trigo, Campo Experimental Valle de México, INIFAP. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: solis.ernesto@inifap.gob.mx

#### ABSTRACT

During the winter growing cycles from 2004-2005 to 2006-2007 the average area planted to wheat at El Bajío region in the state of Guanajuato was 101 000 ha, with an average yield of 6 t ha<sup>-1</sup>. The main objective in the wheat breeding program at El Bajío Experimental Station of the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock is to develop new cultivars of higher yield and rust resistance than the actual commercial cultivars in use. Here, the new cultivar ‘Maya S2007’ is described. Maya S2007 carry the genes *Lr1* y *Lr10* of resistance to wheat leaf rust plus two adult plant resistant genes. Maya S2007 yields 3% more than Barcenas 2002 and is more resistant to yellow striped rust and its grain is of similar quality.

El trigo es el grano para consumo humano que tiene una mayor comercialización, así como el maíz y arroz, son los cultivos que ocupan la mayor superficie de cultivo a nivel mundial. Además en México, las principales regiones productoras de trigo son el norte, donde se produce 53.3% del total nacional y El Bajío que contribuye con 28.3%; en ambos casos, el trigo se produce en el ciclo otoño-invierno, en condiciones de riego; 18.4% se produce en áreas de temporal, principalmente en el Altiplano mexicano (SAGARPA, 2007).

En Sonora se cultivan variedades del grupo V (cristalinos o duros); Guanajuato se especializa en el grano del grupo

III (suaves); en Baja California se siembran trigos de los grupos I (fuertes) y II (medio fuertes); en Sinaloa se han cambiado las variedades del grupo I por las del grupo V, por la resistencia al carbón parcial de estos últimos y por la posibilidad de exportarlo. Bajo condiciones de temporal se siembra con variedades del grupo I.

En el ciclo 2004-2005 a 2006-2007 el promedio de la superficie sembrada de trigo en el Bajío del estado de Guanajuato fue de 101 000 ha, con rendimiento promedio de 6 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2007).

Entre los principales problemas que enfrenta el cultivo del trigo en Guanajuato están la escasez de agua, lo cual incide a que los genotipos ideales posean características que les confieran eficiencia en el uso del agua y la roya lineal amarilla que en 2002 presentó un nuevo biotipo que superó la resistencia de las variedades Salamanca S75 y Saturno S86. Además, el ciclo biológico debe ser corto o intermedio para adecuarse a la rotación cereal-cereal que existe en la región.

Los trabajos de mejoramiento genético realizados en los últimos años en El Bajío han permitido identificar nuevos genotipos con mayor rendimiento y con resistencia a las royas que las variedades comerciales que se siembran. Entre ellos está la nueva variedad Maya S2007, la cual

\* Recibido: Enero de 2008

Aceptado: Septiembre de 2008

superá en 3% el rendimiento de Bárcenas S2002, es más resistente a roya lineal amarilla y a la de la hoja y es de calidad similar. Por su alto rendimiento, la variedad Maya S2007 está a disposición de los productores de El Bajío como una alternativa para incrementar el rendimiento de trigo a nivel regional y rentabilidad del cultivo. A continuación se presenta el origen de la variedad, principales características fenotípicas y comportamiento agronómico en comparación con el de las variedades de referencia.

De acuerdo con la Ley de Producción, Certificación y Comercio de Semillas vigente y después de cumplir con los requisitos que señala la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), la variedad Maya S2007 fue inscrita y protegida en el Catálogo de Variedades Factibles de Certificación (CVC) con el número 1988-TRI-075-251007/C.

La variedad de trigo harinero Maya S2007 es de hábito de primavera y fue obtenida por hibridación y selección genética a través del método de familias masivas  $F_3$  en el programa de mejoramiento genético de trigo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío (CEBAJ). La crusa que dio origen a esta variedad se realizó en 1997. Los progenitores que intervinieron en la crusa fueron 845.63.6/SLM//CUBA/3/CALIOPA-E-B/4/LIMPIA. La historia de selección de esta nueva variedad es TR970215-6R-0C-0R-0C-0R-2R-0R.

Maya F2007 es el producto de una crusa simple, durante el proceso de selección la generación  $F_1$  se cosechó en forma masal; en la  $F_2$  la planta reconocida como 6R se cosechó en forma individual; en  $F_3$  se cosechó en forma masal en Texcoco, Estado de México y en  $F_4$  en Roque, Guanajuato, en  $F_5$  también se realizó selección masal en Texcoco, Estado de México, y en  $F_6$  en Roque, Guanajuato, en  $F_7$  se seleccionaron espigas y se cosecharon en forma individual, en esta generación la espiga reconocida como 2R dio lugar a la generación  $F_8$  que se cosechó en forma masal al no encontrarse diferencias fenotípicas apreciables. A partir de 2001 se evaluó en ensayos de rendimiento en el CEBAJ y en los ciclos 2005-06 y 2006-07 y 2007-08 en diferentes localidades de la región Bajío.

La variedad Maya S2007 es de hábito de crecimiento de primavera, semienana, de 87 cm de altura; ciclo biológico es precoz, con 73 días a floración y 123 días a madurez fisiológica. El tallo de la variedad Maya S2007 es fuerte, hueco, color crema y moderadamente resistente al acame.

Esta nueva variedad sembrada a una densidad de 120 kg ha<sup>-1</sup> produce de 308 a 416 espigas m<sup>2</sup>, dependiendo de la fecha de siembra. La espiga es color blanco, piramidal, laxa, con barbas, longitud de 13 a 15 cm y produce de 16 a 19 espiguillas de las cuales 1 ó 2 en la base, pueden ser estériles. Generalmente produce tres granos en la base, cuatro en la parte media y tres en el ápice. Las glumas son color blanco, miden de 10 a 11 mm de largo y 4 mm de ancho. El pico es largo, de 13 mm de longitud. La forma predominante del hombro es muy elevado, aunque se pueden encontrar algunos del tipo elevado. El grano es color rojo, forma ovoide, bordes redondeados y endospermo suave. El grano es grande, de 7 a 8 mm de largo y de 3.6 a 4.0 mm de ancho, con peso específico medio de 77.7 kg hL<sup>-1</sup> y peso de 1 000 granos de 45 a 58 g dependiendo de la fecha de siembra.

Maya S2007 posee los genes de resistencia a la roya de la hoja del trigo (*Puccinia triticina* E.) *Lr1* y *Lr10*. La presencia de *Lr1* se postuló por la respuesta a la infección con las razas BBG/BN, CBJ/QL y CBJ/QB. *Lr1* muestra su tipo de infección "0" característico cuando este gene es efectivo (McIntosh *et al.*, 1995). *Lr1* también ha sido identificado en variedades como Sonora F64, Noroeste F66, Tobari F69, Nuri F70, Yecora F70, Cajeme F71, Cleopatra VS74, Pavón F75, Ahome F81 y Tonichi S81 (Singh y Rajaram, 1992) además de Jaral F66, Azteca F67, Bajío F67, Norteño F67, Saric F70, Vicam F70, Mochis F73, Roque F73, Toluca F73, Torim F73, Chapingo VF74, Yecorato S77, Yécora 70R y Urbina S2007 (Solís *et al.*, 2007). *Lr1*, fue también uno de los genes de resistencia más comunes (27/50) en un estudio de la resistencia a la roya de la hoja en trigos de temporal (Huerta *et al.*, 2002).

*Lr10* se postuló por su respuesta a las razas CBJ/QB y TCB/TD. La presencia de *Lr10* hace a Maya S2007 resistente a la raza TCB/TD, una de las más comunes hasta 1994 (Huerta y Singh, 1996). *Lr10* es uno de los genes presentes tanto en especies de trigos duros con genoma AABB y trigos harineros con Genoma AABBDD (Huerta y González, 2000). Ha sido identificado y confirmado en Altar C84, Topacio C97, Ámbar C97 y otros trigos duros y entre los trigos harineros en Marte M86, Eneida F94 y Bárcenas S2002. Previamente, *Lr10* había sido postulado en 11 de 73 variedades liberadas de 1950 a 1988 en México (Singh y Rajaram; 1991; 1992; Singh, 1993) y en 10 de 48 genotipos de temporal (Huerta *et al.*, 2002).

Para estos dos genes ya existe virulencia en México y de manera especial Maya S2007 es susceptible en plántula a las razas MCJ/SP y MBJ/SP (Singh, 1991; Huerta y Singh;

1996; Huerta y Singh, 2000) que son actualmente las más comunes en el Bajío y todas las áreas donde se siembra trigo bajo condiciones de riego y de temporal.

En planta adulta, Maya S2007 es de resistente alcanzando niveles máximos de infección de 20% en la hoja bandera de acuerdo a la escala modificada de Coob (Peterson *et al.*, 1948) en respuesta a infecciones naturales en Texcoco, México y Celaya, Guanajuato en el ciclo primavera verano donde son comunes las razas MCJ/SP y MBJ/SP a las cuales Maya S2007 es susceptible en estado de plántula, lo que indica que esta nueva variedad basa su resistencia de campo en por lo menos dos genes de resistencia de planta adulta (Singh *et al.*, 2001). Estos genes de planta adulta son de efectos aditivos y confieren resistencia al enroyamiento lento (Singh *et al.*, 2001) y a la roya de la hoja; este tipo de resistencia es efectiva en contra de todas las razas que existen en México y otras partes del mundo donde se cultiva el trigo y protege en contra de las epifitias de roya hasta en 84% (Singh y Huerta-Espino, 1997). Se espera que este tipo de resistencia sea más duradera al no ejercer el patógeno una presión de selección.

Los bajos niveles de severidad de roya lineal amarilla observados en campo en Maya S2007 (menores de 20%) cuando se realizaron inoculaciones artificiales con el biotipo que venció la resistencia de Salamanca S75 y Saturno S86, originalmente designada MEX03.37 y 219MEX0 cuya fórmula de avirulencia/virulencia es *Yr3, Yrtat, Yr8, Yr27 y Yrpoll/ Yr1, 2, 6, 7, 9, 17, YrA* y con el aislamiento MEX96-11 que tiene la fórmula de avirulencia/virulencia *Yr1, 4, 5, 8, 15, 17/2, 3, 6, 7, 9, 10, 27*, basado en las líneas diferenciales derivadas de Avocet (Singh *et al.*, 2000) indican que la nueva variedad basa su resistencia a roya lineal en por lo menos dos genes de enroyamiento lento en planta adulta (Singh *et al.*, 2001), que al igual que en el caso de la roya de la hoja esta resistencia es efectiva en contra de todas las razas que existen en México y otras regiones donde se produce trigo en el mundo. Además, se considera que Maya S2007 posee un gen de resistencia en estado de plántula a roya amarilla aun no identificado y que es efectivo en contra de las razas más prevalentes en la zona.

Maya S2007 muestra gran estabilidad en un amplio rango de fechas de siembra y tiene rendimiento potencial superior a las 9 t ha<sup>-1</sup> en el período comprendido entre el 16 de noviembre y 31 de diciembre. La nueva variedad supera en rendimiento a Salamanca S75 con 14.6%, a Saturno S86 con 15.5%; a Cortazar S94 con 7.6% y a Bárcenas S2002 con 3%. Es

superior en la mayoría de los casos a cualquier variedad en el período del 1 al 16 de diciembre, así como en fechas tardías realizadas el 15 de enero. Esta variedad presenta ventajas sobre otras variedades comerciales en siembras tardías, debido quizás a que es más precoz a espigamiento lo cual sugiere que se desarrolla en condiciones de temperatura más propicias para el crecimiento del trigo. Diversas investigaciones han establecido que la etapa más importante para el rendimiento de grano es el período entre la iniciación de la espiguilla terminal y la antesis. Esta etapa coincide con la muerte de tallos y flores y con el crecimiento de espiga y es crítico en la determinación del número final de granos por m<sup>2</sup> (Solís *et al.*, 2004). Así Maya S2007 escapa entre 3 y hasta 15 días (dependiendo de la variedad) a temperaturas altas en esta etapa crítica.

En evaluaciones con calendarios de dos, tres y cuatro riegos se observó que la nueva variedad fue superior en promedio a todas las variedades, con dos y tres riegos supera a Salamanca S75 con 477 y 970 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

En evaluaciones realizadas en diferentes localidades de Guanajuato, durante los ciclos otoño-invierno 2006-2007 y 2007-2008, se observó que la nueva variedad fue superior a Salamanca S75 hasta en 11.1% a Cortazar S94 en 9.9% y a Bárcenas S2002 en 0.7%.

El cultivar Maya S2007, al igual que la variedad Salamanca S75 presenta grano rojo como resultado de la presencia de un alto contenido de pigmentos tanto en el endospermo como en el pericarpio del grano. Esta característica se asocia con la obtención de harinas menos blancas que las provenientes de grano blanco, por lo que el uso de la harina obtenida a partir de esta variedad se recomienda para la elaboración de productos como galletas, en donde la ligera coloración de la harina no afecta el color del producto final. Contrariamente, los trigos suaves de grano blanco que generan harinas refinadas claras, tienen demanda para la elaboración de pasteles y cereales.

El peso hectolítrico promedio (77.7 kg hL<sup>-1</sup>) del cultivar Maya S2007 es similar (78.8 kg hL<sup>-1</sup>) al de la variedad Salamanca S75 y ligeramente superior (77.5 kg hL<sup>-1</sup>) al de Bárcenas S2002. El peso hectolítrico de Maya S2007 resulta mayor a los valores especificados en la Norma Mexicana NMX-FF-036-1996, que rige la comercialización del trigo a nivel nacional (DGN, 1996), en la cual se establece un mínimo de 74 kg hL<sup>-1</sup> para el grado de calidad México 1 y menor aún para los grados de calidad México 2 y 3 (72 y 68 kg hL<sup>-1</sup>, respectivamente). Por lo anterior, Maya S2007, reúne

las características necesarias para su comercialización. Por otra parte, el peso hectolítico se relaciona positivamente con el rendimiento harinero, por lo que los rendimientos de harina que pueden obtener los molineros que utilicen esta nueva variedad serán altos.

El grano del cultivar Maya S2007 es suave, de acuerdo con su índice de perlado promedio superior a 60%. El empleo de grano suave para la obtención de harina refinada, permite realizar la molienda con importantes ahorros en el consumo de energía y tiempo de procesamiento, ya que el endospermo del grano tiende a ser más harinoso que el de los trigos semiduros o duros. La reducción en el tiempo y consumo de energía genera beneficios económicos a la industria molinera intermediaria.

Adicionalmente, las harinas provenientes de trigos suaves tienen menor cantidad de almidón dañado, condición que evita la formación de masas pegajosas, facilita el manejo de estas y hace posible la obtención de productos finales (galletas, pasteles, etc.) de mejor calidad (Miller *et al.*, 1982; Bassett *et al.*, 1989; Calaveras, 1996).

La variedad Maya S2007 tiene un contenido de proteína promedio similar al de las variedades testigo Bárcenas S2002 y Salamanca S75. Las harinas de trigo suave con alto contenido de proteína (9-10%) se utilizan preferentemente como materia prima para la elaboración de galletas, mientras que las de menor contenido (8-8.5%) se usan en pastelería (Faridi y Foubion, 1995). Por ello, se recomienda el uso de Maya S2007 como materia prima para la obtención de harinas para uso en galletería.

La harina de Maya S2007, al igual que la de otros trigos suaves, como las variedades testigo Bárcenas S2002 y Salamanca S75, requiere cortos tiempos de amasado (menor a 3 min) y presenta un gluten generalmente débil y extensible. Esta última característica puede, sin embargo, ser modificada por el efecto ambiental, generando masas de mayor fuerza y tenacidad. El tiempo de amasado del cultivar Maya S2007 es ligeramente menor (2.1 min) que el de las variedades testigo Bárcenas S2002 (2.7 min) y Salamanca S75 (2.4 min) por lo que genera masas de gluten más débil. La presencia de gluten débil ( $W < 200$ ) y extensible ( $P/L \leq 1$ ) son deseables para la preparación de galletas, pasteles y otros productos (Finney *et al.*, 1987; Bettge *et al.*, 1989).

El cultivar Maya S2007 presenta valores promedio de fuerza de gluten e índice P/L de 200 y 1.2, respectivamente,

características muy apreciadas por la industria galletera, pastelera y de cereales. Este genotipo presentó a su vez la menor fuerza general de gluten promedio de las tres variedades, característica que sumada al balance de la tenacidad y extensibilidad de gluten, puede ser aprovechada para el empleo de esta harina como un mejorador de trigos de gluten fuerte y tenaz, que pretendan ser empleados en la panificación mecanizada. Al ser las galletas el producto final predominante que se obtiene a partir de los trigos del grupo III (trigos suaves), según la clasificación contenida en la Norma Mexicana NMX-FF-036-1996, que rige la comercialización del trigo a nivel nacional (DGN, 1996); la calidad de los trigos de gluten débil se determina finalmente mediante la prueba de galletería. La calidad galletera se determina elaborando galletas con las harinas de los trigos de gluten suave. En las galletas resultantes se mide el diámetro y altura promedio, para finalmente, calcular el factor galletero, que representa la relación diámetro-altura de la galleta.

El factor galletero del cultivar Maya S2007 es semejante al de la reconocida variedad Salamanca S75 y ligeramente superior al de Bárcenas S2002. Aunque las tres calificaciones corresponden a una muy buena aptitud galletera (factor galletero  $> 4.0$ ), los factores galleteros de Maya S2007 y Salamanca S75 son cercanos a la calificación de 5.0 puntos, a partir de la cual la aptitud galletera es excelente. Estos resultados indican que Maya S2007 tiene las características de calidad de harina adecuadas para su utilización en la elaboración de galletas, asociado con su contenido de proteína, fuerza y extensibilidad del gluten.

La calidad de la proteína, sumada al contenido de este componente, determinan la aptitud industrial de las diferentes harinas de trigo (Faridi y Foubion, 1995; Salazar *et al.*, 2000). La composición de las gliadinas y gluteninas que forman el gluten confieren a su vez la calidad de la proteína del trigo (Gianibelli *et al.*, 2002).

Las gluteninas proporcionan al gluten las propiedades elásticas, en tanto que las gliadinas son responsables de su extensibilidad y cohesividad (Quaglia, 1991; Hosseney, 1994). Las gluteninas de alto peso molecular (GAPM) hacen posible la selección de los trigos de acuerdo con su tipo de gluten y aptitud para la elaboración de diferentes tipos de productos. Así, las GAPM asociadas a la subunidad Glu 1D 5+10 presentes en los trigos harineros se emplea como indicador para seleccionar trigos de gluten fuerte extensible, aptos para la panificación mecanizada (Gupta *et al.*, 1990; Salazar *et al.*, 2000, de la O-Olán *et al.*, 2006 y Martínez *et*

al., 2007), mientras que en los que predomina la subunidad Glu 1D 2+12 permite la selección de los genotipos de gluten débil. El cultivar Maya S2007 presenta GAPM en donde predominan las subunidades Glu A1 1 y Glu D1 5+10, que corresponden a subunidades representativas de trigos de gluten fuerte; sin embargo, en la fracción Glu B1, las principales gluteninas corresponden a la combinación 7+8, cuya presencia es frecuente en variedades de gluten débil, incluyendo los testigos Bárcenas S2002 y Salamanca S75.

De acuerdo con las características del cultivar Maya S2007, este trigo suave presenta parámetros de calidad comercial que aseguran su competitividad en el mercado, calidad industrial que asegura su aptitud para ser empleada en la elaboración de productos que demandan como materia prima harinas de gluten débil; y finalmente, propiedades de fuerza y extensibilidad del gluten que favorecen su empleo como mejorador de harinas de gluten fuerte tenaz.

La nueva variedad Maya S2007 se recomienda para la región denominada Bajío, la cual comprende parte de los estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro, con altitud de 1 500 a 1 800 msnm, temperatura media de 20 °C y precipitación media anual de 450 a 650 mm.

La semilla básica de la nueva variedad Maya S2007 está disponible en el Campo Experimental Bajío de INIFAP para su venta a las compañías productoras de semilla que lo soliciten desde diciembre de 2007.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Fundación Guanajuato Produce A. C., por el financiamiento parcial de los trabajos de investigación que condujeron a la obtención de la nueva variedad Maya S2007, Proyecto 215/02. Asimismo, agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento parcial en las evaluaciones finales de este nuevo cultivar, Proyecto GTO-2003-C02-11860.

## LITERATURA CITADA

Bassett, L. M.; Llan, R. E. and Rubenthaler, G. L. 1989. Genotype x environment interactions on soft white winter wheat quality. Agron. J. 81:955-960.

- Bettge, A.; Rubenthaler, G. L. and Pomeranz, Y. 1989. Alveograph algorithms to predict functional properties of wheat in bread and cookie baking. Cereal Chem. 66:81-86.
- Calaveras, J. 1996. Tratado de panificación y bolletería. Ed. Mundial -Prensa. Madrid, España. 473 p.
- De la O, Olán. M.; Espitia, R. E.; Molina, G. J. D.; Peña, B. R. J.; Santacruz, V. A. y Villaseñor, M. H. E. 2006. Efecto de diferentes alelos de gluteninas de alto peso molecular sobre las propiedades viscoelásticas de la masa de trigos harineros. Agrociencia 40:461-469.
- Dirección General de Normas (DGN). 1996. Norma Mexicana NMX-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados. Cereales. Trigo. (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* Desf.). Especificaciones y métodos de prueba. 11 p.
- Faridi, H. and Foubion, J. M. 1995. Wheat usage in North America. In: Faridi, H. and Foubion, J. M. (eds.). Wheat and uses around the world. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN. p. 1-41.
- Finney, K. F.; Yamazaki, W. T.; Youngs, V. L. and Rubenthaler, G. L. 1987. Quality of hard, soft, and durum wheats. In: Heyne, E. H. G. (ed.). Wheat and wheat improvement American Society of Agronomy. Madison, WI. p. 677-748.
- Gianibelli, M. R.; Larroque, O. R.; McRitchie, F.; and Wrigley, W. 2002. Biochemical, genetics and molecular characterization of wheat endosperm proteins. Cereal Chem. 28(76):1-120.
- Gupta, R.; Bekes, B. F.; Wrigley, C. W. and Moss, H. J. 1990. Prediction of wheat quality in breeding on the basis of LMW and HMW glutenin subunit composition. Wheat Breeding Society of Australia. 6<sup>th</sup> Assembly. Tamworth, NSW. p. 217-225.
- Hosseney, C. R. 1994. Principles of cereal science and technology, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- Huerta-Espino, J. and Singh, R. P. 1996. Misconceptions on the durability of some adult leaf rust resistance genes in wheat. In: Kema, G. H. J.; Niks, R. E. and Daamen, R. A. (eds.). Proceedings of the 9th European and Mediterranean Cereal Rust and Powdery Mildews Conference. September 2-6, 1996. Lunteren, The Netherlands. p. 109-111.
- Huerta, E. J. y González, I. R. M. 2000. Tipos y grupos de trigo. In: Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. (eds.). El Trigo de temporal en México. Chapingo, Estado

- de México, México, SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Valle de México. p. 40-51. (Libro Técnico Núm. 1).
- Huerta, E. J. y Singh, R. P. 2000. Las royas del trigo. In: Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. (eds.). El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de México, México, SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Valle de México. p. 231-249. (Libro Técnico Núm. 1).
- Huerta, E. J.; Villaseñor, M. H. E.; Espitia, R. E.; Leyva, M. S. G. y Singh, R. P. 2002. Análisis de la resistencia a la roya de la hoja en trigos harineros para temporal. Rev. Fitotec. Mex. 25(2):161-169.
- Martínez, C. E.; Espitia, R. E.; Benítez, R. I.; Peña, B. R. J.; Santacruz, V. A. y Villaseñor, M. H. E. 2007. Efecto de gluteninas de alto peso molecular de los genomas A y B sobre propiedades reológicas y volumen de pan en trigos harineros. Agrociencia 41:153-160.
- McIntosh, R. A.; Wellings, C. R. and Park, R. F. 1995. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. CSIRO, Australia 200 p.
- Miller, B. S.; Pomeranz, Y.; Bruinsma, B. and Booth, G. D. 1982. Measuring the hardness of wheat. Cereal Foods World. 27:61-64.
- Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 485 p.
- Peterson, R. F.; Campbell, A. B. and Hannah, A. E. 1948. A diagramatic scale for estimating rust intensity of leaf and stems of cereals. Can. J. Res. Sect. C. 26:496-500.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)-Comisión Estatal del Agua (CEA). Anuario estadístico 2007. Base de datos, México.
- Salazar, Z. A.; Peña, R. J. y Solís, M. E. 2000. Calidad industrial. In: Solís, M. E. y Rodríguez, G. A. (Comps.). Trigo de riego: origen, variedades, manejo del cultivo, calidad industrial. Celaya, Guanajuato, México. SAGAR, INIFAP, Campo Experimental Bajío. p. 85-102. (Libro Técnico Núm. 2).
- Singh, R. P. and Rajaram, S. 1991. Resistance to *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in 50 mexican bread wheat cultivars. Crop Science 31:1372-1479.
- Singh, R. P. and Rajaram, S. 1992. Genes for resistance to *Puccinia recondita* f. sp. *Triticum* in 73 mexican bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. In: Zeller, F. J. and Fishbeck, G. (eds.). Proceedings of the 8th european and mediterranean cereal rusts and powdery mildews conference. 8-11 September, 1992. Weihenstephan/Germany. Vortr, Pflanzenzuechtg. 24:211-213.
- Singh, R. P. 1993. Resistance to leaf rust in 26 mexican wheat cultivars. Crop Sci. 33:633-637.
- Singh, R. P. and Huerta-Espino, J. 1997. Effect of leaf rust resistance gene *Lr34* on grain yield and agronomic traits of spring wheat. Crop Sci. 37:390-395.
- Singh, R. P.; Huerta-Espino, J. and Rajaram, S. 2000. Achieving near-inmunity to leaf and stripe rust in wheat by combining slow rusting resistance genes. Acta Phytopathologica and Entomologica Hungarica. 35:133-139.
- 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. p 103-108. In: Eastwood, R.; Hollamby, G. Rathjen, T. and Gororo, N. (eds.) Wheat Breeding Society of Australia 10<sup>th</sup> Assembly Proceedings. 16-21 September 2001. Mildura, Australia.
- Solís, M. E.; Hernández, M. M.; Borodanenko, A.; Aguilar A., J. L. y Grajeda, C. O. 2004. Duración de la etapa reproductiva y el rendimiento de trigo. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 27 (4):323-332, 2004.
- Solís, M. E.; Huerta, E. J.; Pérez, H. P.; Ramírez, R. A.; Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. 2007. Urbina S2007 nueva variedad de trigo harinero para riego en El Bajío. INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya Guanajuato, México. 20 p. (Folleto Técnico Núm. 2).