

RECONVERSIÓN DE GENOTIPOS DE TRIGO HARINERO MEDIANTE LA ANDROESTERILIDAD PARA EFICIENTIZAR LA SELECCIÓN RECURRENTE

René Hortelano Santa Rosa[§]; Héctor E. Villaseñor Mir; Eliel Martínez Cruz; Ma. Florencia Rodríguez García

¹INIFAP-Campo Experimental Valle de México. Coatlinchán, Texcoco, edo. de México. [§]Autor responsable: hortelano.rene@inifap.gob.mx

Recibido: Noviembre 14, 2012; Aceptado: Julio 11, 2013

RESUMEN

La aplicación de metodologías alternativas en el mejoramiento genético del trigo en México, como lo es la MSFRS, es una opción para contar con técnicas que muestran ventajas sobre las utilizadas por más de 50 años, como menor número de años para lograr los ciclos de selección, reduciendo tiempo y costo en el proceso. Por lo que el objetivo, de la presente investigación fue evaluar la efectividad y bondades en la incorporación de la androesterilidad en 20 genotipos élite de trigo harinero, para generar poblaciones de amplia base genética donde sea factible aplicar los esquemas de la MSFRS y avanzar en el estudio de la metodología que incluyen dicha técnica y del gen de androesterilidad. Los resultados obtenidos mostraron que en la mayoría de las variedades, las isolíneas mostraron alto grado de similitud en la variable altura de planta, con excepción de las variedades Eneida F-94, Gálvez M-84 y Norteña F2007, donde las diferencias entre las isolíneas de la misma variedad fueron del orden de 15.6, 11.4 y 12.4 % en valor absoluto,

respectivamente; mientras que, en la variable longitud de espiga las variedades Altiplano F2007 y Gálvez M-87 presentaron diferencias estadísticas significativas, hecho que soporta el avance en el proceso de reconversión de los genotipos. El proceso de retrocruzamiento recurrente en hembras androestériles de las isolíneas fue eficiente para incrementar la similitud fenotípica por ciclo, ya que se tienen los primeros seis ciclos en la incorporación de un carácter poco estudiado en trigo. El uso de la androesterilidad en el mejoramiento genético de este cereal es una herramienta valiosa para hacerlo más eficiente, ya sea para facilitar la recombinación de germoplasma élite, para incorporar en forma rápida y económica genes de introducción o para facilitar la recombinación y aprovechamiento del acervo genético de este cultivo.

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., androesterilidad, selección recurrente, variedades de trigo, mejoramiento genético.

INTRODUCCIÓN

Después de la introducción del trigo (*Triticum aestivum* L.) a México con la llegada de los españoles, los agricultores nativos realizaron mejoramiento genético durante muchos años, de manera empírica al seleccionar los mejores ejemplares dentro de los cultivares, actividad que en su momento resultó ser suficiente para mejorar las poblaciones criollas. En la década de los años treinta se introdujeron a México variedades mejoradas de trigo procedentes de Canadá, Estados Unidos, Argentina, Italia y África, acciones que no fueron la solución para frenar el daño devastador que en esos años causaron las royas (*Puccinia spp*), ni para evitar la importación de 250 mil toneladas de grano en 1943, para satisfacer la demanda nacional; un año después se decidió intensificar las acciones del mejoramiento genético para lograr la autosuficiencia nacional (Borlaug, 1969).

El mejoramiento genético, en forma sistemática, se inició en México con los trigos criollos cultivados e introducción de genotipos con resistencia a roya del tallo (*Puccinia graminis f. sp. tritici*), como fue la variedad Hope; posteriormente las poblaciones segregantes generadas fueron evaluadas en distintas regiones y a la postre se continuó introduciendo genes nuevos, como por ejemplo: de la planta F₂ de la cruce Norim 10 x Brevor, de los trigos de hábito invernal y de especies silvestres pertenecientes a la tribu *Triticeae* (Rajaram, 1994). En los primeros 25 años, se tuvieron resultados espectaculares y a partir de la segunda mitad de la década de los años setenta el avance empezó a ser más lento y el rendimiento tendió a estabilizarse, situación muy frecuentemente observada en los programas de mejoramiento genético de especies autógamas, ya que en éstos se aplica selección recurrente, pero muy lentos y con base genética estrecha,

lo que propicia que en unos pocos años se llegue al límite de los avances por selección (Eslick, 1977).

Con base en estos antecedentes, es necesario diseñar estrategias, en los programas de mejoramiento genético de especies autóгамas, que permitan mantener e incluso aumentar la variabilidad genética para asegurar progresos genéticos a largo plazo, como la selección recurrente, que fue concebida para aumentar la frecuencia de genes favorables y al mismo tiempo mantener una amplia base genética en las poblaciones autóгамas. Esto podría aplicarse en plantas autóгамas, con la misma eficiencia que se ha logrado en las especies de polinización cruzada, como reducir el tiempo entre ciclos efectivos de selección (Jensen, 1970; Ramage, 1977); evitar o eliminar bloques de ligamiento (Jensen, 1970; Bockelman y Sharp, 1986); generar mayor variabilidad genética (Athwal y Borlaug, 1967; McProud, 1979; Busch y Kofoed, 1982), y lograr mayores avances en el mejoramiento poblacional de caracteres cuantitativos (Bockelman y Sharp, 1986; Ramage, 1987).

El mejoramiento en autóгамas se ha sustentado en la recombinación de progenitores sobresalientes para obtener los mejores individuos que se convertirán en progenitores de la siguiente generación, mediante la selección en generaciones segregantes, la evaluación y selección de líneas (Jensen, 1970). Este esquema de selección recurrente requiere mayor tiempo para un ciclo de selección. En este contexto, McProud (1979) indica que en Holanda y Japón se requieren entre 7 a 11 años por ciclo de selección en cebada (*Hordeum vulgare* L); Skovman *et al.* (1992) realizaron siete ciclos de selección en aproximadamente 35 años para la obtención de la línea Kauz de trigo, que posteriormente dio origen a la variedad Bacanora T88; por su parte, Villaseñor *et al.* (1989) invirtieron ocho años para obtener la línea que dio origen a la variedad Temporalera M87. En especies autóгамas, las limitaciones que se tienen para practicar la selección recurrente, con la misma eficiencia que se ha logrado en plantas de polinización cruzada, destacan su sistema de reproducción, que hace impráctica y cara la recombinación genética (Trottet, 1988) y la ausencia, en forma natural, de poblaciones de amplia base genética (Athwal y Borlaug, 1967; Ramage, 1977; Bockelman y Sharp, 1986). Asimismo, cuando se practica la selección recurrente en autóгамas, empleando la recombinación manual, la base genética es

por lo general relativamente reducida (Ramage, 1977), ya que es difícil manejar, por lo impráctico y costoso, poblaciones recombinantes de tamaño grande (Eslick, 1977; Ramage, 1987). Los mejoradores de autóгамas han valorado diferentes metodologías para aplicar la selección recurrente como la formación de cruza compuestas en pirámide, en cadena o mediante la aplicación de un diseño genético de apareamiento (Thomas *et al.*, 1991; Suneson *et al.*, 1963), y el uso de la esterilidad genética masculina para ampliar la base genética de las poblaciones y hacer más intensa la recombinación (Ramage, 1977; Ramage, 1987). La androesterilidad genética más utilizada para realizar selección recurrente en especies autóгамas es debida a un gene recesivo, aunque también puede ser generada por un gene dominante, por dos o más genes recesivos o por una deficiencia cromosómica (Sherman, 1979). Cualquiera que sea la causa de la esterilidad, ésta se debe a la mala formación o absorción de los granos de polen, que serían inviables e incapaces de fecundar al óvulo (Jensen, 1988). Esto convierte a la androesterilidad en una herramienta muy valiosa en el mejoramiento poblacional de autóгамas, ya que permite intensificar en forma práctica la recombinación y hace viable la aplicación de metodologías de mejoramiento exclusivas de las autóгамas (Ramage, 1977; Driscoll, 1977; Sasakuma *et al.*, 1978; Jensen, 1988). De allí que se han propuesto diferentes alternativas en las plantas autóгамas para realizar selección recurrente. Esas alternativas fueron consideradas por Eslick (1977), quien las integró y sugirió el término "Male Sterile Facilitated Recurrent Selection" (MSFRS) a la metodología de mejoramiento poblacional en las autóгамas que involucra esterilidad masculina, cruza compuestas y selección recurrente. Ante este panorama, en este trabajo se pretende incorporar el gen androesteril dominante (OLY) a una serie de genotipos élite de trigo harinero mediante la metodología que involucra la Esterilidad Masculina (MSFRS) y señalar las perspectivas que presenta la androesterilidad en el mejoramiento genético de trigo en el país en comparación con la metodología que tradicionalmente se ha manejado por más de cincuenta años. Con base en lo anterior, los objetivos fueron formar genotipos élite de trigo harinero convertidos hacia androesterilidad donde sea factible aplicar los esquemas de la MSFRS y valorar sus ventajas sobre la metodología tradicional en la formación de líneas y liberación de nuevas variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético de este estudio estuvo constituido por 18 variedades élite de trigo harinero y dos líneas experimentales (Kingbird y Parula), generadas por el CIMMYT e INIFAP en diferentes años, que estuvieron en proceso de la sexta retrocruza hacia androesterilidad, durante el ciclo O-I/2011-12 en el INIFAP-CEBAJ de Celaya, Gto. De cada variedad se contó con dos isolíneas, una androfértil y su contraparte androestéril, es decir, en total 40 genotipos.

El proceso de obtención de estos materiales fue el siguiente: en Chapingo, México, durante el verano del 2011 se establecieron los genotipos (isolíneas) en proceso de reconversión, en parcelas apareadas de 1.5 m de ancho por 5.0 m de largo, asegurando una planta cada 10 centímetros. En cada variedad, cuando aún no se presentaba dehiscencia, se realizó la quinta retrocruza tomando una espiga en diez plantas diferentes de cada progenitor androestéril (♀) practicando un corte curvado en cada espiguilla para dejar semi-expuestos los estigmas y cubriendo las espigas para evitar contaminación de polen extraño, éstas se poli-

nizaron con su contraparte masculina (♂) de cada genotipo, generalmente el mismo día, o al segundo o tercer día, dependiendo de la madurez de la espiga, y se cubrieron con bolsas de glase. Se cosechó la semilla de las espigas retrocruzadas y se identificó, siendo esta la semilla de las isolíneas androesteriles de cada genotipo para la siguiente etapa del proceso. Así mismo, se cosecharon cinco plantas fértiles por separado de cada genotipo.

En etapa de madurez fisiológica, en las isolíneas de cada genotipo (fértiles y estériles), se eligieron al azar diez plantas en las que se midieron las variables de altura de planta y longitud de espiga, que son las variables más visibles en el proceso de retrocruzamiento, y que en cierta forma son indicativas de la eficiencia de la técnica de MRFSR. Con los datos obtenidos se procedió a realizar un análisis de varianza general mediante el diseño completamente al azar con el paquete estadístico SAS (SAS-Institute, 2002) y se obtuvieron los promedios de cada genotipo por cada variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (Cuadro 1), presentaron diferencias altamente significativas entre variedades, lo que es indicativo que entre las variedades utilizadas hubo diferencias marcadas en altura de planta y longitud de espiga. Al no presentarse diferencias significativas en altura de planta y longitud de espiga en la fuente de variación Repeticiones (Var), es decir, entre las isolíneas dentro de cada variedad, se infiere que el proceso de reconversión hacia androesterilidad de las variedades está siendo efectivo; sin

embargo, es pertinente mencionar que en las primeras generaciones de retrocruzamiento se presentó alta segregación en tales variables en la isolínea androestéril de cada genotipo. En este contexto, en las especies autógamas se han utilizado esquemas de selección recurrente en trigo, mediante técnicas de emasculación manual y la androesterilidad, con el objetivo de formar las poblaciones base para practicar la selección (Márquez, 1985), en las que se toma muy en cuenta la respuesta a la selección; sin embargo, tam-

Cuadro 1. Cuadrados medios y nivel de significancia en altura de planta y longitud de espiga evaluadas en campo durante el ciclo O-I/2011-12, en INIFAP-CEBAJ en Roque, Gto., en variedades de trigo harinero en proceso de reconversión hacia androesterilidad.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Altura de planta	Longitud de espiga
Variedades	39	384.6**	13.3**
Repetición(Var) [§]	9	17.8 ^{ns}	0.9 ^{ns}
Error	351	20.3	0.58
Total	399		
Media [¶]		83.4	13.6
C.V. (%)		5.3	5.6

[§]=referido a las isolíneas dentro de cada variedad; **=altamente significativo ($\alpha=0.05$); ^{ns}=no significativo ($\alpha=0.05$); [¶]=media de todos los genotipos en cm; C.V.=coeficiente de variación.

bién lo es el tiempo que se requiere para lograr un ciclo efectivo de selección y los recursos técnicos y económicos necesarios para practicarla eficientemente (Athwal y Borlaug, 1967; Eslick, 1977; Jensen, 1988). En el Cuadro 2 se presentan los promedios por variable y variedad en las isolíneas. En altura de planta en 14 casos fue mayor en las isolíneas androestériles, aunque no hubo significancia estadística (Cuadro 1) y solamente en 6 casos las isolíneas fértiles de cada variedad tuvieron mayor altura promedio. Los porcentajes de diferencia entre isolíneas fértiles y estériles variaron en general de 0.2 a 7.5, excepto Eneida F-94, Gálvez M-87 y Norteña F2007 donde las diferencias entre ambas isolíneas fueron 15.6, 11.4 y 12.4 % en valor absoluto, respectivamente, con diferencias estadísticas significativas entre ellas. Este hecho resulta importante debido a que, por un lado, que en las variedades con menores diferencias dentro de sus isolíneas, se puede llegar más rápidamente por medio de las retrocruzas a formar la población base,

donde se aplicarían los esquemas de selección recurrente, y por el otro a que en las variedades con mayores diferencias dentro de sus isolíneas podrían estar influyendo dos aspectos: mayor número de retrocruzas para homogeneizar las isolíneas y posible error del mejorador al seleccionar las plantas de la isolínea androestéril sin ser la más adecuada en el proceso, ya que el objetivo es emplear la MSFRS para realizar el mejoramiento poblacional de una base genética élite a partir de la cual se deriven líneas avanzadas y variedades en el menor tiempo posible de una manera efectiva, práctica y económica (Villaseñor *et al.*, 2000; Lee, 1984). Sin embargo, hay que hacer notar que en altura de planta, en ningún caso se rebasaron los 100 cm de altura, ya que tanto para condiciones de riego como de temporal el porte alto de las variedades acarrea problemas de acame, por lo que para riego y temporal se liberan variedades con alturas de planta que oscilan entre los 80 y 95 cm (Solís *et al.*, 1996; Villaseñor *et al.*, 2000).

Cuadro 2. Promedio por variedad, valor absoluto de diferencias y porcentaje en dos variables evaluadas en isolíneas de 20 genotipos de trigo harinero durante el ciclo O-I/2011-12 en el INIFAP-CEBAJ de Roque, Gto.

Variedad	Altura de planta (cm)				Longitud de espiga (cm)			
	Fértiles (F)	Estériles (E)	F-E	F-E (%)	Fértiles (F)	Estériles (E)	F-E	F-E (%)
Altiplano F2007	80.2	84.2	4.0	5.0	12.1	13.8	1.7	13.6
Batán F-96	85.2	82.4	2.8	3.3	15.5	15.7	0.2	1.0
Eneida F-94	80.2	92.7	12.5	15.6	11.8	12.7	0.9	7.6
Gálvez M-87	74.8	83.3	8.5	11.4	14.9	12.9	2.0	13.1
Josecha F2007	76.2	79.6	3.4	4.5	13.3	13.2	0.1	0.4
Kingbird [§]	77.8	81.4	3.6	4.6	12.8	12.0	0.8	6.3
Kronstad F2003	82.4	82.6	0.2	0.2	12.9	13.5	0.5	4.3
Monarca F2007	86.6	88.5	1.9	2.2	13.9	14.3	0.4	2.9
Náhuatl F2000	91.4	88.8	2.6	2.8	13.9	12.7	1.2	8.3
Nana F2007	96.8	94.7	2.1	2.2	15.7	15.9	0.2	1.0
Norteña F2007	72.3	81.3	9.0	12.4	13.3	13.1	0.2	1.1
Parula [§]	67.4	69.5	2.1	3.1	11.3	11.5	0.2	1.8
Pavón F-76	80.0	86.0	6.0	7.5	13.2	13.3	0.1	0.8
Rebeca F2000	85.4	85.7	0.3	0.4	13.3	12.9	0.4	2.6
Roelfs F-2007	86.4	84.5	1.9	2.2	15.6	15.5	0.1	0.3
Romoga F-96	85.2	88.3	3.1	3.6	14.0	14.0	0.0	0.0
Temporalera M87	91.3	88.0	3.3	3.6	13.8	13.2	0.6	4.4
Taxcala F2000	80.0	83.4	3.4	4.3	14.6	14.0	0.6	3.8
Triunfo F2004	89.0	82.9	6.1	6.9	13.9	13.2	0.8	5.4
Urbina S2007	81.4	81.9	0.5	0.6	13.6	14.2	0.6	4.4
D.M.S. (Tukey $\alpha=0.05$)		8.0				1.3		

[§]líneas uniformes avanzadas en proceso de mejoramiento que han sido utilizadas como progenitores en los programas de mejoramiento genético de trigo; | |= valor absoluto; F-E=diferencia entre fértil y estéril.

En la variable longitud de espiga (Cuadro 2) en 11 casos las isolíneas fértiles tuvieron mayor valor, aunque sin diferencias estadísticas significativas, y en nueve las androestériles presentaron mayor magnitud. Sin embargo, es preciso mencionar que con base en los resultados en la variedad Romoga F-96 se llegó a la misma longitud de espiga en la sexta generación de retrocruzamiento, mientras que, en la variedad Altiplano F2007, que de por sí es de espiga grande, la isolínea estéril tuvo mayor longitud de espiga, hecho que resulta importante, ya que a la par de la reconversión hacia androesterilidad se tienen avances en otras características como la longitud de espiga en esa variedad en específico. Caso contrario ocurrió en la variedad Gálvez M87, donde la isolínea androestéril tuvo menor longitud de espiga. Hecho que resulta de suma importancia debido a que con la técnica de MSFRS se pretende obtener, por medio de

retrocruzas, genotipos androestériles isogénicos de germoplasma élite con objeto de aprovecharlos al máximo en recombinaciones controladas con otras fuentes germoplásmicas, evitando la emasculación en esta etapa del mejoramiento genético (Eslick, 1977; Trotter, 1988) y aprovechar la alta capacidad de recombinación que se logra con la MSFRS para romper, eliminar o evitar bloques de ligamiento y aumentar la frecuencia de genes de efectos menores que gobiernan los caracteres poligénicos (Sun *et al.*, 1994). Estos resultados indican que se puede acelerar el mejoramiento genético de trigo al introducir fuentes germoplásmicas androestériles con el fin de fijar y aprovechar rápidamente genes de interés a los programas de mejoramiento genético, que facilitaría la recombinación y transferencia mediante retrocruzas, de caracteres favorables rápida y económicamente.

CONCLUSIONES

La selección recurrente mediante el uso de la androesterilidad (MSFRS) es factible de ser utilizada en el mejoramiento de caracteres cuantitativos en trigo por los menores costos, lo práctico y la disminución del tiempo en lograr un ciclo de selección, además de que con la selección y recombinación (retrocruza) se aumentó, en cada ciclo, la frecuencia de genotipos superiores en cada población.

Hubo amplia variación entre variedades en la magnitud de las variables evaluadas no así entre isolíneas dentro de éstas, ya que son de la sexta

retrocruza, siendo en la variable altura de planta más evidente las diferencias.

Con base en los datos obtenidos se infiere se puede llegar a alcanzar en forma rápida isolíneas más homogéneas en unas variedades que en otras en algunos caracteres, como en este caso lo fue altura de planta y longitud de espiga, influyendo la naturaleza de los mismos genotipos y la experiencia del mejorador al momento de elegir las plantas a retrocruzar en la isolínea androestéril.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Athwal DS; Borlaug NE (1967). Genetic male sterility in wheat breeding. *Indian J. Gen. Plant Breed.* 27:136-142.
- Bockelman HE; Sharp LE (1986). Development of disease resistant germplasm in barley utilizing recurrent selection techniques. *RACHIS. Barley and Wheat Newsletter* 5 (2):17-24.
- Borlaug NE (1969). Mejoramiento de trigo: Su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. Serie de traducciones y sobretiros No. 2. CIMMYT, México. 39 p.
- Busch RH; Kofoed K (1982). Recurrent selection for weight in spring wheat. *Crop Sci.* 22:568-572.
- Driscoll CJ (1977). Registration of Cornerstone male sterile wheat germoplasm. *Crop Sci.* 17:190.
- Eslick RF (1977). Male sterile facilitated recurrent selection advantages and disadvantages. *Proc. 4th Regional Winter Cereal Workshop (Barley)*. Vol. II pp: 84-91.
- Jensen NF (1970). A diallel selective mating system for cereal breeding. *Crop Sci.* 10:629-635.
- Jensen NF (1988). *Plant Breeding Methodology*. Ed. John Wiley and Sons. New York. 659 p.
- Lee BA (1984). Efficiency of male sterile facilitated recurrent selection for earliness in wheat breeding. *Research Reports, Office of Rural Development, S. Korea. Crop* 26(2): 61-77.
- Márquez SF (1985). *Genotecnia Vegetal*. Tomo I. AGT Editor, S.A. México. 357 p.
- McProud WL (1979). Repetitive cycling and simple recurrent selection in traditional barley breeding programs. *Euphytica* 28:473-480.
- Rajaram S (1994). Wheat germplasm improvement: Historical perspectives, philosophy, objectives, and missions. *In: S. Rajaram, and G.P. Hettel (eds.). Wheat Breeding at CIMMYT: Commemorating 50 Years of Research in Mexico for Global Wheat Improvement*. CIMMYT, Mexico. pp: 1-10.
- Ramage RT (1977). Varietal improvement of wheat through male sterile facilitated recurrent selection. *ASPAC. Tech. Bull. No. 37*. Republic of China. 13 p.
- Ramage RT (1987). A history of barley breeding methods. *In: J. Janick, (ed). Plant Breed. Rev., Vol. 5* Van Nostrand Reinholds Company, New York. pp: 95-135.
- SAS Institute (2002). *Statistical analysis software, Versión 9.0*. Cary, NC.

- Sasakuma T; Maan SS; Williams ND (1978). EMS-induced malesterile mutants in euplasmic and alloplasmic common wheat. *Crop Sci.* 18:850-853.
- Sherman RA (1979). The cytogenetic of male sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.) Thesis of Master of Science. University of Arizona. Arizona, U.S.A. 47 p.
- Skovman B; Varughese G; Hettel GP (1992). Los Recursos Genéticos de Trigo en el CIMMYT: Su Conservación, Enriquecimiento y Distribución. México, D.F. CIMMYT. 19 p.
- Solis ME; Salazar ZA; Narro SJ (1996). Cortazar S94: Nueva variedad de trigo harinero para El Bajío. INIFAP. CIRCE. CEBAJ. Folleto Técnico No. 2. 18 p.
- Sun FH; Chen XM; Zeng QM (1994). Effects of population improvement on grain weight per plant and ears per plant as well as plant height by using Ta1 gene in wheat. *Acta-Agronomica-Sinica*. 20:3. pp: 282-289.
- Suneson W; Pope K; Jensen F; Poehlman JM; Smith GS (1963). Wheat Composite Cross I. Created for breeders everywhere. *Crop Sci.* 3:101-102.
- Thomas G; Rousset M; Pichon M; Trottet M; Doussinault G; Picard E (1991). Méthodologie de l'amélioration de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). I. Création par croisements et analyse d'une population artificielle à 16 parents, base de cette étude méthodologique. *Agronomie* 11:359-368.
- Trottet M (1988). Use of genic male sterility for breeding wheat lines resistant to *Leptosphaeria nodorum* Muller: Results of a first cycle and prospect. *In: Proc. Seventh Intnatl Wheat Genetics Symp.* Cambridge, U.K. pp: 1199-1202.
- Villaseñor MHE; Moreno GR; Solano HS (1989). Temporalera M87, Nueva Variedad de Trigo para Siembras de temporal. Folleto Técnico No. 13. INIFAP, CIFAP-MEXICO. Chapingo, México. 24 p.
- Villaseñor MHE; Espitia RE; Huerta EJ; González IR; Solís ME; Osorio AL; Aguirre MD (2000). Juchi F2000: nueva variedad de trigo para siembras de temporal en México. INIFAP. CIRCE. CEVAMEX. Folleto técnico no. 3. 21 p.