

EVALUACIÓN BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL DE VARIEDADES DE TRIGO MACARRONERO GENERADAS PARA RIEGO*

EVALUATION UNDER RAINFED CONDITIONS OF DURUM WHEAT VARIETIES GENERATED FOR IRRIGATION

Héctor Eduardo Villaseñor Mir^{1§}, Agustín Limón Ortega¹, María Florencia Rodríguez García¹, Eliel Martínez Cruz¹, René Hortelano Santa Rosa¹ y Luis Antonio Mariscal Amaro¹

¹Campo Experimental Valle de México. INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel. 01 595 9212657. (limón.agustín@inifap.gob.mx), (rodriguez.maria@inifap.gob.mx), (martinez.eliel@inifap.gob.mx), (hortelano.rene@inifap.gob.mx), (lmariscal@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: hevimir3@yahoo.com.mx.

RESUMEN

Con el objetivo de conocer las posibilidades de producir trigo cristalino con buen rendimiento y calidad en las áreas temporales de Valles Altos de México, se estableció un experimento en cuatro diferentes ambientes de producción, en donde se probaron las variedades de trigo cristalino Topacio C98, Júpare C2001 y Gema C2004 comparadas con las variedades de trigo harinero Rebeca F2000 y Tlaxcala F2000, desarrolladas para siembras de temporal; los genotipos se evaluaron con y sin aplicación de fungicida. Los resultados indican que las variedades de trigo harinero, superaron por sus características agronómicas y de rendimiento a los trigos cristalinos en todos los sitios de prueba, obteniendo rendimientos mayores hasta 20% (1 200 kg ha⁻¹). Los trigos harineros presentaron mayores rendimientos y fueron la mejor opción en los ambientes favorables de producción evaluados y la mejor alternativa en los ambientes críticos. Por su comportamiento agronómico y de rendimiento, Júpare C2001 fue el trigo cristalino que presentó mejor respuesta y adaptación en los ambientes evaluados. La calidad industrial de los trigos cristalinos en ninguna condición permitió obtener sémola apropiada para la elaboración de productos de buena calidad; sin embargo, su producción en temporal podría ser una alternativa como mejorador de mezclas de harina.

ABSTRACT

In order to know the possibilities of producing crystalline wheat with good yields and quality in rainfed areas of High Valleys of Mexico, an experiment was established in four different production environments, where wheat varieties Topacio C98, Júpare C2001 and Gema C2004 were tested and compared with bread wheat varieties Rebeca F2000 and Tlaxcala F2000, which were developed for rainfed conditions; genotypes were evaluated with and without fungicide application. The results indicate that the bread wheat varieties overcame for its agronomic and yield characteristics to the durum wheat in all the testing sites, obtaining higher yields up to 20% (1 200 kg ha⁻¹). Bread wheat had higher yields and was the best option in evaluated favorable production environments and the best alternative in critical environments. Due to its agronomic performance and yield, Júpare C2001 was the durum wheat with better response and adaptation in the tested environments. The industrial quality of durum wheat in any condition, allowed obtaining suitable semolina for the manufacture of good quality products, but its production under rainfed conditions could be an alternative for using it as a flour mixtures improver.

* Recibido: febrero de 2011
Aceptado: agosto de 2011

Palabras clave: calidad industrial, riego y temporal, trigo cristalino, trigo harinero.

En México durante 2008 se produjeron cerca de 4 millones de toneladas de trigo de riego y de temporal (SIAP, 2009), destacándose las regiones de riego del noroeste (sur de Sonora y Valle de Mexicali) y de El Bajío (Guanajuato, Michoacán y Jalisco), por los volúmenes de grano que aportan; mientras que las regiones productoras de temporal han sido históricamente los Valles Altos de México, que comprenden los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México (Villaseñor y Espitia, 2000), donde se produce un menor volumen de grano; sin embargo, en esta región se procesa cerca de 60% del total de los 5.5 millones de toneladas que se consumen en el país (Fuentes, 2008).

Del total de trigo procesado aproximadamente 4.5 millones de toneladas es trigo harinero (*Triticum aestivum*) y el resto trigo cristalino (*Triticum durum*). De trigo harinero se tiene un déficit de cerca de 2 millones de toneladas, mismas que se importan de Estados Unidos de América y Canadá, mientras que los cristalinos se tienen una sobreproducción cercana a 500 mil toneladas que se exportan a Europa. Las 1.5 millones de toneladas de trigos cristalinos se cosechan casi en su totalidad al sur de Sonora y Mexicali, y no es económicamente factible procesarlas en el centro del país, por el incremento del precio de la tonelada por concepto de flete (Peña *et al.*, 2008). Por lo anterior, es importante que se tenga oferta de grano de buena calidad producido en Valles Altos y que este cerca de los centros de procesamiento.

Las enfermedades fungosas son un problema serio en la siembra de trigos cristalinos en condiciones de temporal (Zilinsky, 1984), además que el grano que se produce es de mala calidad (Irizar *et al.*, 1993), sobre todo cuando se siembran variedades inadecuadas (Villaseñor y Rodríguez, 1996). En los últimos años el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha liberado variedades de trigo cristalino como Topacio C98, Júpare C2001 y Gema C2004 que no se han evaluado en Valles Altos y se considera que podrían tener buen comportamiento, de tal manera que el objetivo de la presente investigación fue determinar si las variedades antes mencionadas tienen posibilidades de competir con los trigos harineros y si cumplen con los estándares de calidad marcados por la industria molera.

Key words: bread wheat, durum wheat, industrial quality, irrigation and rainfed.

In Mexico during 2008, about 4 million tons of wheat under irrigation and rainfed (SIAP, 2009) were produced, highlighting the irrigation regions of the northwest (southern Sonora and Mexicali Valley) and El Bajío (Guanajuato, Michoacán and Jalisco), due to the grain volumes they provide; while the historically rainfed producing regions have been the High Valleys of Mexico, comprising the states of Puebla, Tlaxcala, Hidalgo and Estado de Mexico (Villaseñor and Espitia, 2000) which produces a smaller volume of grain, but in this region are processed about 60% of the total 5.5 million tons consumed in the country (Fuentes, 2008).

Out of the total wheat processed, about 4.5 million tons are of bread wheat (*Triticum aestivum*) and the rest of durum wheat (*Triticum durum*). There is a deficit of bread wheat of about 2 million tons, which are imported from the United States and Canada, while of durum wheat there is an overproduction close to 500 thousand tons which are exported to Europe. The 1.5 million tons of durum wheat are harvested almost entirely in southern Sonora and Mexicali, and is not economically feasible to process them in the center of the country, due to an increase of the ton price because of the freight (Peña *et al.*, 2008). Therefore, it is important to keep an offering of good quality grain, produced in V High Valleys and close to the processing centers.

Fungal diseases are a serious problem in the crops of durum wheat under rainfed conditions (Zilinsky, 1984), additionally the produced grain has poor quality (Irizar *et al.*, 1993), especially when inadequate varieties are planted (Villaseñor and Rodríguez, 1996). In the recent years, INIFAP has released wheat varieties such as Topacio C98, Júpare C2001 and Gema C2004, which have not been evaluated in High Valleys and they could have good behavior; so that the objective of this research was to determine if the varieties mentioned above are likely to compete with bread wheat and if they can comply with quality standards set by the durum industry.

The experiment was established in three locations under four rainfed environments, classified and characterized by Villaseñor and Espitia (2000):

El experimento se estableció en tres localidades bajo cuatro ambientes de temporal, clasificados y caracterizados así por Villaseñor y Espitia (2000): 1) Nanacamilpa, Tlaxcala, 1^{ra} (1F) y 2^{da} (2F) fecha de siembra (1^o de Junio y 19 de Junio de 2006), ubicada a 19° 29' latitud norte y 98° 32' longitud oeste, a 2 734 msnm; 2) Zotoluca, Tlaxcala, ubicada a 19° 35' latitud norte y 98° 34' longitud oeste, a 2 580 msnm; y 3) Mazapiltepec, Puebla, ubicada a 19° 36' latitud norte y 98° 17' longitud oeste, a 2 507 msnm (García, 1981).

Se probaron las variedades de trigo cristalino Topacio C98, Gema C2004 (liberadas para El Bajío) y Júpare C2001 (liberada para el Noroeste), junto con las variedades testigo de trigo harinero Tlaxcala F2000 y Rebeca F2000 (liberadas para siembras bajo temporal en Valles Altos de México). Se utilizó el diseño de bloques al azar con tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas, en donde la parcela grande fueron los tratamientos con y sin fungicida, y las parcelas chicas fueron las variedades.

Los fungicidas y dosis utilizados fueron las recomendadas por los productores de trigo de las localidades de estudio para el tratamiento de royas: Procloraz[®] que se manejó en Nanacamilpa, y Tebuconazol[®] en Zotoluca y Mazapiltepec. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 3 m*0.3 m de espaciamiento. La siembra y conducción agronómica del experimento, se realizó con base en las recomendaciones para cada localidad realizadas por el INIFAP. Se registraron las variables agronómicas, fitopatológicas y de calidad: 1) días a floración; 2) días a madurez; 3) altura de planta; 4) rendimiento de grano; 5) incidencia de enfermedades; 6) peso hectolítrico; 7) dureza de grano; y 8) características de la sémola.

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de varianza de las cinco variedades evaluadas, donde se observa que existieron diferencias altamente significativas en rendimiento de grano, días a floración, días a madurez y altura de planta entre localidades y entre variedades, mientras que para tratamientos con y sin fungicida sólo hubo para días a madurez y rendimiento. Solamente en la interacción localidad*variedad hubo significancia para días a madurez, altura de planta y rendimiento, lo que predice que los sitios de prueba fueron diferentes, así como las variedades y los tratamientos con y sin fungicida.

1) Nanacamilpa, Tlaxcala, 1st (1F) and 2nd (2F) planting date (June 1st and June 19th, 2006), located at 19° 29' north latitude and 98° 32' west longitude, at 2734 masl; 2) Zotoluca, Tlaxcala, located at 19° 35' north latitude and 98° 34' west longitude, at 2580 masl; and 3) Mazapiltepec, Puebla, located at 19° 36' north latitude and 98° 17' west longitude, at 2 507 masl (García, 1981).

The durum wheat varieties Topaz C98, Gema C2004 (released for El Bajío) and Júpare C2001 (released for Northwest) were tested, along with the control varieties of bread wheat: Tlaxcala F2000 and Rebecca F2000 (released for crops under rainfed conditions in High Valleys of Mexico). Randomized block design was used with three replications in a divided plot arrangement, in the large plot, treatments with and without fungicide were used and small plots were the varieties.

Fungicides and doses used were those recommended by wheat producers of the locations studied for rust treatment: Prochloraz[®] was used in Nanacamilpa and Tebuconazole[®] in Zotoluca and Mazapiltepec. The experimental plot had four rows of 3 m*0.3 m of spacing. Planting and agronomic conduction of the experiment, were designed based on the recommendations of INIFAP for each location. The variables recorded were agronomic, phytopathological and quality: 1) days to flowering; 2) days to maturity, 3) plant height, 4) grain yield, 5) incidence of disease, 6) hectoliter weight, 7) grain hardness; and 8) semolina's characteristics.

The Table 1 shows the analysis of variance of the five varieties tested, showing that there were highly significant differences in grain yield, days to flowering, days to maturity and plant height between locations and between varieties, while for treatments with and without fungicide only were differences in days to maturity and yield. Only the locality*variety interaction showed significance for days to maturity, plant height and yield, which predict that the test localities were different, as well as the varieties and treatments with and without fungicide.

The Table 2 shows the comparison of means between localities, it shows that the highest yield was obtained in Nanacamilpa 1F (4.39 t ha⁻¹), followed by

Cuadro 1. Análisis de varianza de la evaluación de variedades de trigos cristalinos en cuatro localidades de Tlaxcala y Puebla, México. Primavera-verano 2006.

Table 1. Analysis of variance of the evaluation of durum wheat varieties in four localities in Tlaxcala and Puebla, Mexico. Spring-Summer 2006.

Fuente de variación	GL	DF	DM	AP	REND
Localidad	3	486**	1526**	482**	21.5**
Repetición(Loc)	8	1.29	3.64	2.4	0.06
Fungicida	1	0.61 ns	71.9**	2.8 ns	4.01**
Loc*Fun	3	7.7 ns	9.6 ns	6.2**	0.14 ns
Rep*Fun(Loc)	8	0.55	0.58	1.57	0.002
Variedad	4	84.1**	49.2**	215**	3.04**
Loc*Var	12	9.3 ns	15.1**	34.3**	0.86**
Fung*Var	4	3.7 ns	1.8 ns	5.1 ns	0.32 ns
Loc*Fun*Var	12	1.5 ns	3.3 ns	11.1 ns	0.04 ns
Error	64	4.38	4.7	8.2	0.12
$\bar{X}$		74.75	134.48	87.91	3.48
CV		2.7	1.6	3.2	10.1
Total	119				

GL= grados de libertad; DF= días a floración; DM= días a madurez; AP= altura de planta (cm); REND= rendimiento de grano (t ha⁻¹); CV= coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se presenta la comparación de medias entre localidades, en donde se observa que el mayor rendimiento se obtuvo en Nanacamilpa 1F (4.39 t ha⁻¹), seguida de Mazapiltepec (3.67 t ha⁻¹), Zotoluca (3.59 t ha⁻¹) y Nanacamilpa 2F (2.26 t ha⁻¹). La reducción significativa del rendimiento de grano en Nanacamilpa 2F (48%), se debió al efecto de las heladas tempranas que ocurrieron cuando el cultivo se encontraba en la etapa de grano masoso; por lo tanto, para esta región la fecha de siembra temprana es un factor importante en la producción de trigo (Villaseñor y Espitia, 2000), ya sean harineros o cristalinos.

Mazapiltepec (3.67 t ha⁻¹), Zotoluca (3.59 t ha⁻¹) and Nanacamilpa 2F (2.26 t ha⁻¹). The significant reduction in grain yield of Nanacamilpa 2F (48%) was due to the effect of the early frosts that occurred when the crop was in the ripening stage; therefore, for this region early planting date is an important factor in wheat production (Villaseñor and Espitia, 2000), whether for bread or durum's.

The Table 3 shows the comparison of means of treatments with and without fungicide, showing that on average, the varieties without fungicide decreased its yield in 12%

Cuadro 2. Comparación de medias entre localidades en la evaluación de trigos cristalinos en Tlaxcala y Puebla, México. Primavera-verano 2006.

Table 2. Comparison of means between localities in the evaluation of durum wheat in Tlaxcala and Puebla, Mexico. Spring-Summer 2006.

Localidad	Rendimiento (t ha ⁻¹)	(%) comparativo	DF	DM	AP
Nanacamilpa 1F	4.39	-	76	141	76
Mazapiltepec	3.67	-16	68	123	68
Zotoluca	3.59	-18	78	133	78
Nanacamilpa 2F	2.26	-48	75	139	75
Tukey (5%)	0.44	-	1.42	1.65	1.52

DF= días a floración; DM= días a madurez; AP= altura de planta (cm).

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias de los tratamientos con y sin fungicida, donde se observa que en promedio las variedades sin fungicida disminuyeron su rendimiento 12% y se redujeron los días a madurez; también se observa que Rebeca F2000 y Tlaxcala F2000, presentaron mayor rendimiento en los dos tratamientos.

and the days to maturity were reduced; also it's noted that Rebecca F2000 and Tlaxcala F2000, showed higher yields in both treatments.

The Figure 1 shows the yield of varieties in each locality, invariably showing that bread wheat had higher yields in the four environments and the Tlaxcala F2000 variety was more stable.

Cuadro 3. Comparación de medias entre tratamientos con y sin fungicida de cinco variedades evaluada en Tlaxcala y Puebla, México. Primavera-verano 2006.

Table 3. Comparison of means between treatments with and without fungicide of five varieties evaluated in Tlaxcala and Puebla, Mexico. Spring-Summer 2006.

Variedad	Con fungicida					Sin fungicida					
	(t ha ⁻¹)	% ♣	DF	DM	AP	(t ha ⁻¹)	%P	%IEF	DF	DM	AP
Rebeca F2000	4.22	-0.8	76	135	93	3.97	6	19	76	135	93
Tlaxcala F2000	4.25	-	70	130	91	3.83	10	38	70	129	88
Júpare C2001	3.39	-20	75	136	86	3.03	11	69	75	135	86
Gema C2004	3.51	-17.3	73	134	82	2.89	18	88	73	132	83
Topacio C98	3.07	-27.6	77	137	86	2.62	15	84	77	135	86
Tukey (5%)	0.47	-	1.6	1.4	3.5	0.37	-	-	1.7	1.2	3.7

♣= comparación con respecto a Tlaxcala F2000; DF= días a floración; DM= días a madurez; AP= altura de planta (cm); %P= porcentaje de pérdidas por enfermedades; (%IEF= porcentaje de incidencia de enfermedades foliares.

En la Figura 1 se presenta el rendimiento de las variedades en cada una de las localidades, observándose que invariablemente los trigos harineros presentaron mayores rendimientos en los cuatro ambientes y que Tlaxcala F2000 fue la variedad más estable.

En el Cuadro 4 se presentan las características de calidad de las variedades, observándose que en peso hectolítrico todas tuvieron valores adecuados para su comercialización; los trigos cristalinos fueron de grano duro y los harineros de grano semiduro; la proteína fue menor en los trigos harineros, posiblemente por su mayor rendimiento; y la calidad de sémola en los trigos cristalinos fue baja, de tal manera que ninguna de las muestras fue adecuada para elaborar productos de buena calidad.

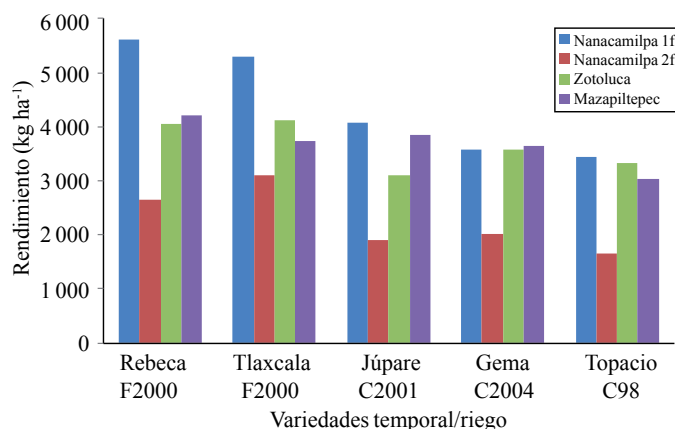


Figura 1. Rendimiento de grano de las cinco variedades evaluadas en cuatro ambientes durante el ciclo primavera-verano 2006.

Figure 1. Grain yield of the five varieties evaluated in four environments during Spring-Summer 2006.

Cuadro 4. Características de calidad industrial de las variedades de trigo evaluadas en cuatro ambientes con dos tratamientos de fungicida en Tlaxcala y Puebla, México. Primavera-verano 2006.

Table 4. Industrial quality characteristics of wheat varieties evaluated in four environments with two fungicidal treatments in Tlaxcala and Puebla, Mexico. Spring-Summer 2006.

Variedad	PH	Dureza	Grano	Proteína HI	Sémola B
Topacio C98	73.5	34.9	Duro	11.3	18.4
Júpare C2001	76.9	33.5	Duro	9.4	17.7
Gema C2004	74.8	34.3	Duro	10.2	18.3
Tlaxcala F2000	76.5	43.5	Semiduro	9.7	-
Rebeca F2000	75.5	75.5	Semiduro	9.4	-

PH= peso hectolítrico (kg hL⁻¹); dureza (%); HI= proteína en harina integral (%); B= intensidad del color amarillo de la sémola (< 20 mala calidad).

El menor rendimiento de trigo macarronero Topacio C98, Júpare C2001 y Gema C2004 fue un factor negativo, además de la mala calidad de sémola que en su momento limitaría su

The Table 4 shows the quality characteristics of the varieties, showing that in the hectoliter weight all of them had proper values for its marketing; durum wheat had

siembra en ambientes de temporal, estos resultados coinciden con los reportados por Irizar *et al.* (1993). La variedad Júpare C2001 presentó una mejor respuesta, que la posibilita para que se siga evaluando ante diversos manejos de cultivo, aunque la mejor estrategia para disponer de variedades de trigo cristalino adecuadas para siembras de temporal, es implementar estrategias de mejoramiento específicas, tal y como se ha realizado en trigos harineros (Villaseñor, 2000), sobre todo teniendo en mente la selección por resistencia a enfermedades foliares y de la espiga (Rajaram, 1994).

CONCLUSIONES

Las variedades de trigo macarronero Topacio C98, Júpare C2001 y Gema C2004, no compitieron con los rendimientos de las variedades de trigo harinero.

LITERATURA CITADA

- Fuentes, P. J. L. 2008. ¿Quiénes somos? La industria molinera de trigo en México. Cámara Nacional de la Industria Molinera. D. F., México. Revista Canimolt. 1:4-7.
- García, E. 1981. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Köppen (adaptada a las condiciones de la república mexicana). Tercera edición. D. F. México. 86 p.
- Irizar, G. B. G.; Salazar, Z. A.; Ibañez, C. A. M. y Villaseñor, M. H. E. 1993. Características de calidad de trigos cristalinos (*Triticum durum* L.) evaluados en condiciones de secano. Agrociencia. 4(1):45-52.
- Peña, B. R. J.; Pérez, H. P.; Villaseñor, M. H. E.; Gómez, V. M. M. y Mendoza, L. M. A. 2008. Calidad de la cosecha de trigo en México. Ciclo primavera-verano 2006. Publicación especial del CONASIST-trigoS, Tajín. Núm. 567. D. F., México. 28 p.
- Rajaram, S. 1994. Wheat germplasm improvement: Historical perspectives, philosophy, objectives and missions. In: Rajaram, S. and Hettel, G. P. (eds.). "wheat breeding at CIMMYT: commemorating 50 years of research in Mexico for global wheat improvement". D. F., México, 164 p.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Obtenido de la red. URL: <http://www.siap.gob.mx>.

hard grain and bread wheat were of semi-hard grain; the protein was lower in bread wheat, possibly due to its higher yield and semolina quality of durum wheat was low, so that any sample was adequate to produce good quality products.

The lower durum wheat yield of Topacio C98, Júpare C2001 and Gema C2004 was a negative factor, in addition to poor quality of semolina which will limit planting in rainfed environments, these results are consistent with those reported by Irizar *et al.* (1993). The Júpare C2001 variety showed a better response, making possible to be further evaluated in various crop management, but the best strategy to dispose of durum varieties suitable for rainfed crops, is to implement specific improvement strategies, such as in bread wheat (Villaseñor, 2000), especially taking into account the selection for resistance to foliar and ear diseases (Rajaram, 1994).

CONCLUSIONS

Durum wheat varieties Topacio C98, Júpare C2001 and Gema C2004, did not compete with the yields of bread wheat varieties.

End of the English version



- Villaseñor, M. H. E. y Rodríguez, P. J. E. 1996. Respuesta de variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.) como testigos en poblaciones segregantes. Rev. Fitotec. Mex. 19:163-173.
- Villaseñor, M. H. E. 2000. Reseña del mejoramiento genético de trigo de temporal en México. Agric. Téc. Méx. 26(1):109-123.
- Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. 2000. Características de las áreas productoras de trigo de temporal: problemática y condiciones de producción. In: el trigo de temporal en México. Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. (eds.). Chapingo, Estado de México, México. SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental Valle de México. 85-98 pp.
- Zillinsky, F. J. 1984. Enfermedades comunes de los cereales de grano pequeño: una guía para su identificación. CIMMYT. El Batán, México. 141 p.