

Análisis de 20 genotipos de trigo harinero en el Valle del Yaqui, Sonora*

Analysis of 20 genotypes of bread wheat in the Yaqui Valley, Sonora

José Enrique Velasco Magallanes¹, Delfina de Jesús Pérez López^{1§}, Sanjaya Rajaram Devi², Artemio Balbuena Melgarejo¹, Mario Albarrán Mucientes² y Andrés González Huerta¹

¹Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México. A. P. 435. Tel y Fax: 01 722 2965518. Ext. 148 (kikemagallan@hotmail.com; agonzalez@uaemex.mx; balmelart@yahoo.com.mx). ²Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. ICARDA, Aleppo, Siria. C. P. 5564. Tel: 2225012 (sanjay_rajaram@yahoo.com; malbarranm@prodigy.net.com). [§]Autora para correspondencia: djperezl@uaemex.mx.

Resumen

El trabajo se realizó en el ciclo otoño-invierno de 2008, en condiciones de riego en dos localidades del Valle del Yaqui, Sonora, México, para evaluar 17 líneas de trigo harinero y tres cultivares (testigos) por su rendimiento de grano, componentes del rendimiento y por su resistencia a roya. El material genético fue evaluado en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por localidad. Las variables registradas fueron: rendimiento de grano (RG), floración (DF), madurez fisiológica (DM), altura de planta (AP) e incidencias de acame (PA) y roya (PR). Los datos fueron sometidos al análisis de varianza individual y combinado, a la comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey ($\alpha=0.01$) y al análisis de componentes principales. Las líneas con mayor rendimiento fueron RSMF7CJ-62 (8.32 t ha⁻¹ en el block 609), y BABAX/LR42 (7.53 t ha⁻¹ en el block 1605). Si se realizará selección por rendimiento de grano los genotipos más sobresalientes serían RSMF7CJ-92 (7.78 t ha⁻¹), BABAX / LR42 (7.75 t ha⁻¹) y RSMF7CJ -78 (7.74 t ha⁻¹). Las líneas 01W20728 y Blanca Fuerte son enanas, 05W90710, RSMF7CJ-90 y RSMF7CJ-92 son semi-enanas y las 13 restantes y los tres testigos son altos. Los genotipos fueron iguales estadísticamente en incidencia de roya y los mayores valores se registraron en Tacupeto (1.65%), 05W90685 (1.29%), Roelf (1.11%), 05W90710 (1.02 %) y Kronstad (1.02%).

Abstract

The work was conducted in the cycle autumn-winter 2008, under irrigated conditions in two sites in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico, to assess 17 lines of bread wheat and three cultivars (control) for their grain yield, yield components and resistance to rust. The genetic material was evaluated in field in a randomized complete block with four replications per location. The variables recorded were: grain yield (GY), flowering (DF), physiological maturity (PM), plant height (PH) and incidences of lodging (IL) and leaf rust (LR). Data were subjected to analysis of variance individually and combined, comparison of treatment means with the Tukey test ($\alpha=0.01$) and to the main component analysis. Higher yielding lines were RSMF7CJ-62 (8.32 t ha⁻¹ in block 609), and BABAX/LR42 (7.53 t ha⁻¹ in block 1605). If selection was made by grain yield the outstanding genotypes would be RSMF7CJ-92 (7.78 t ha⁻¹), BABAX / LR42 (7.75 t ha⁻¹) and RSMF7CJ -78 (7.74 t ha⁻¹). The lines 01W20728 and Strong White are dwarfs, 05W90710, RSMF7CJ-90 and RSMF7CJ -92 are semi-dwarf and the remaining 13 and the three controls are tall. The genotypes were statistically equal in incidence of rust and the highest values were registered in Tacupeto (1.65%), 05W90685 (1.29%), Roelf (1.11%), 05W90710 (1.02%) and Kronstad (1.02%).

* Recibido: diciembre de 2011
Aceptado: septiembre de 2012

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., análisis multivariado, rendimiento de grano.

Key words: *Triticum aestivum* L., grain yield, multivariate analysis.

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es actualmente el cultivo de mayor superficie sembrada en el mundo (FAOSTAT, 2008); ocupa el segundo lugar entre los cuatro cereales de mayor producción, como maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.). Este cultivo tolera bajas temperaturas en sus primeras fases de desarrollo y su mayor producción tiende a concentrarse en las zonas de clima templado y frío. En México existe gran demanda de trigos harineros de mejor calidad agroindustrial (Espitia *et al.*, 2008). La producción de este cereal se estima en 3.4 millones de t, cantidad insuficiente para abastecer su demanda a nivel nacional, que es de 6.3 millones de t (SIAP, 2009). Por esta razón es deseable generar variedades resistentes a enfermedades y tolerantes a factores ambientales adversos, de alto rendimiento y mejor calidad molinera y panadera (Peña *et al.*, 2002; Branlard *et al.*, 2003; Shan *et al.*, 2007).

En las primeras etapas del mejoramiento genético es importante caracterizar, evaluar e identificar germoplasma con mejores características, como precocidad, resistencia a enfermedades y tolerancia a condiciones adversas del medio ambiente, de mayor rendimiento, mejor calidad y aceptable adaptabilidad. El presente trabajo tuvo como objetivo analizar 20 genotipos de trigo harinero en dos localidades del Valle del Yaqui, Sonora, para identificar mejores líneas por su rendimiento de grano, componentes del rendimiento y por su resistencia a la roya de la hoja.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Valle del Yaqui en los block 609 (localidad 1) y 1 605 (localidad 2), situados al sur del estado de Sonora, entre la Sierra Madre Occidental

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is currently the largest acreage crop in the world (FAOSTAT, 2008); ranks second among the four largest cereal production, such as maize (*Zea mays* L.), rice (*Oryza sativa* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.). This culture tolerates low temperatures in the early stages of development and its increased production tends to be concentrated in areas of temperate and cold climates. In Mexico there is large demand for bread wheat of better agribusiness quality (Espitia *et al.*, 2008). The rice production is estimated at 3.4 million tons, an amount insufficient to meet its national demand, which is 6.3 million ton (SIAP, 2009). It is therefore desirable to develop varieties resistant to diseases and tolerant to adverse environmental factors, high yield and better bread making and baking quality (Peña *et al.*, 2002; Branlard *et al.*, 2003; Shan *et al.*, 2007).

In the early stages of genetic improvement is important to characterize, evaluate and identify germplasm with better traits such as earliness, disease resistance and tolerance to adverse environmental conditions, high yield, better quality and acceptable adaptability. This study aimed to analyze 20 bread wheat genotypes at two sites in the Yaqui Valley, Sonora, to identify best lines for their grain yield, yield components and resistance to leaf rust.

Materials and methods

Description of the study area

This study was conducted in the Yaqui Valley in blocks 609 (site 1) and 1605 (site 2), located south of the state of Sonora, between the Sierra Madre Occidental and the Sea of Cortés, between 27° 10' and 27° 50' north latitude and between the meridians 109° 55' and 110° 36'. The climate is BW (h), extreme warm. The average annual temperature is 24 °C and the average maximum is 31 °C; from July to August maximum is 48 °C and in January the minimum

y el Mar de Cortés, entre 27° 10' y 27° 50' de latitud norte y entre los meridianos 109° 55' y 110° 36'. El clima predominante es BW (h), muy cálido extremo. La temperatura media anual es de 24 °C y la media máxima es de 31 °C; de julio a agosto la máxima es de 48 °C y en enero la mínima es de 16 °C. Los suelos cultivables son vertisol, fértiles, ricos en arcilla y están localizados generalmente en zonas subhúmedas áridas con hidratación y exposición en húmedo y se agrietan cuando son secos (INIFAP, 2008).

Material genético

Se utilizaron 20 genotipos de trigo harinero: 17 líneas avanzadas de la Empresa Resource Seed Mexicana S. A. de R. L. de C. V. y tres testigos del INIFAP (Cuadro 1).

is 16 °C. The arable soils are vertisol, fertile, rich in clay and are generally located in sub-humid areas with moisture and dry wet exposure and crack when dry (INIFAP, 2008).

Genetic material

We used 20 bread wheat genotypes: 17 advanced lines from the Company Resource Seed Mexicana S. A. of R. L. of C. V. and three controls from INIFAP (Table 1).

Design and plot size

The 20 genotypes were evaluated on field in a randomized complete block with four replications per location in a series of experiments in space. The plot consisted of two beds set in double rows, 0.76 m wide and 3 m long.

Cuadro 1. Genotipos evaluados en el Valle del Yaqui, Sonora, México.

Table 1. Genotypes evaluated in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico.

Núm.	Tratamiento	Pedigrí	Origen
1	ROELF (testigo)		INIFAP
2	RSM-Norman F2008		RSM
3	01W20728	USA-0CJ	RSI
4	Blanca fuerte	USA-0CJ	RSI
5	04W44509-1	USA-0CJ	RSI
6	05W90710	USA-0CJ	RSI
7	05W90685	USA-0CJ	RSI
8	04W44509-2	USA-0CJ	RSI
9	PRL/2*Pastor//Seri	RSM(BW) 043-2002T-52CJ-010T-010CJ-010T-0CJ	RSM
10	BABAX/LR42//Babax/3/Baviacora	RSM(BW) 114-2002T-3CJ-010T-010CJ-010T-0CJ	RSM
11	RSMF7CJ-70 (Weaver/Baviacora)	-010CJ-0CJ	RSM
12	RSMF7CJ-78 (Weaver/Baviacora)	-010CJ-0CJ	RSM
13	RSMF7CJ-80 (Weaver/Baviacora)	-010CJ-0CJ	RSM
14	RSMF7CJ-90 (Weaver/Baviacora)	-010CJ-0CJ	RSM
15	RSMF7CJ-92 (Weaver/Baviacora)	-010CJ-0CJ	RSM
16	RSMF7CJ-100 (Weaver/Baviacora)	-010CJ-0CJ	RSM
17	PM3	RSM(BW) 077-2002T-71CJ-010T-010CJ-010T-0CJ	RSM
18	RSMF8 95 (Weaver/Baviacora)	010CJ-05T-0CJ	RSM
19	Kronstad (testigo)		INIFAP
20	Tacupeto (testigo)		INIFAP

Fuente: Resource Seeds International, con la colaboración del Dr. Sanjaya Rajaram Deví. RSInc-Resource Seed Inc. (USA). Resource Seed Mexicana= RSM.

Diseño y tamaño de la parcela experimental

Los 20 genotipos fueron evaluados en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones por localidad en una serie de experimentos en espacio. La parcela constó de dos camas establecidas a doble hilera, de 0.76 m de ancho, y 3 m de largo.

Development of experimental work

Conservation tillage was made with light furrowing. The double row planting was done with a Wintersteger sowing machine. In site 1 (Block 609) was made on December 17 and at site 2 (Block 1605) on December 13, 2008; in both was applied the treatment 80N-75P-60K, using urea (46%), super

Desarrollo del trabajo experimental

Se hizo labranza de conservación con ligero surcado. La siembra a doble hilera se efectuó con una sembradora Wintersterger. En la localidad 1 (Block 609) se realizó el 17 de diciembre y en la localidad 2 (Block 1605) el 13 de diciembre de 2008; en ambas se aplicó el tratamiento 80N-75P-60K, utilizando urea (46%), súper fosfato de calcio triple (46%) y cloruro de potasio (60%). En la segunda fertilización se adicionaron 80 unidades de N ha^{-1} . El primer riego en la localidad 1 se aplicó el 16 de enero y el segundo el 16 de febrero; se proporcionaron otros dos riegos. En la localidad 2 el primer riego se hizo anticipadamente para controlar gallina ciega (10 de enero) y el segundo se efectuó el 11 de febrero. Posteriormente se aplicaron dos riegos. La maleza de hoja ancha se controló con Dicamba (200 ml por cada 20 L de agua). Se empleó la cosechadora Wintersterger cuando el material genético alcanzó la madurez fisiológica.

Variables de estudio

Las características registradas fueron: rendimiento de grano (RG, se pesó en cada parcela útil y se expresó en t ha^{-1}), floración (DF, días desde la siembra hasta que 50% de las anteras emergieron de las glumas), madurez fisiológica (DM, días transcurridos desde la siembra hasta que 50% de las plantas cambiaron de coloración verde a verde limón o amarillo), altura de planta (AP, se midió desde la base de la planta hasta el extremo de la espiga y se registró en cm), acame (PA, se determinó visualmente con la escala de 0 a 100 en plantas con inclinación de 30° o más y se expresó en porcentaje), y roya de la hoja [PR, el primer registro se realizó en espigamiento y el segundo en madurez fisiológica.

La infección se registró aplicando la escala propuesta por Zadok *et al.* (1974) y se asoció visualmente con valores de 5, 10, 20, 40, 60 y 100%; además se empleó la escala: O= sin infección, R= resistente (visible clorosis o necrosis pero la uridia no está presente), MR= moderadamente resistente (pequeñas uridias están presentes y alrededor hay áreas cloróticas y necróticas), M= intermedia (las uridias están presentes y son de tamaño variable, algunas con clorosis, necrosis o ambas), MS= moderadamente susceptible (está presente la uridia de tamaño medio y alrededor hay áreas cloróticas), S= susceptible (están presentes uridias largas y hay con poca clorosis o necrosis).

phosphate triple calcium (46%) and potassium chloride (60%). In the second fertilization were added 80 units of N ha^{-1} . The first irrigation in site 1 was applied on 16 January and the second on February 16; were given two irrigations more. In site 2 the first irrigation was made in advance to control white grubs (January 10) and the second was made on February 11. Subsequently two irrigations were applied. The broadleaf weeds were controlled with Dicamba (200 ml per 20 L of water). A Wintersterger harvester was used when the genetic material reached physiological maturity.

Study variables

The traits recorded were: grain yield (GY, each useful plot was weighed and expressed in t ha^{-1}), flowering (DF, days from planting until 50% of the anthers emerged from the husks), physiological maturity (PM, days from planting until 50% of plants changed from green color to lime green or yellow), plant height (PH, was measured from the base of the plant until the end of the spike and was recorded in cm), lodging (IL, was determined visually with the scale of 0-100 in plants with inclination of 30 degrees or more and expressed as a percentage), and leaf rust [LR, the first record was made at flowering and the second at physiological maturity.

The infection was recorded using the scale proposed by Zadok *et al.* (1974) and visually associated with values of 5, 10, 20, 40, 60 and 100%; plus the scale was used: O= no infection, R= resistant (visible chlorosis or necrosis but uredia was not present), MR= moderately resistant (small uredia are present and there are around there are chlorotic and necrotic areas), I= intermediate (uredias are present and are of variable size, some with chlorosis, necrosis, or both), MS= moderately susceptible (the uredia is present is of a medium sized and around there are chlorotic areas), S= susceptible (long uredia are present and with little chlorosis or necrosis).

Statistical analysis

Lodging data (IL) and rust (LR) were transformed with $\sqrt{X + \frac{1}{2}}$, where x is the original percentage and $\frac{1}{2}$ a constant due to values between 0 and 100 (Steel and Torrie, 1986). These and the other four variables were subjected to analysis of variance. Hypothesis tests were performed at a level of 0.05 or 0.01 probability of error. When

Análisis estadístico

Los datos de acame (PA) y de roya (PR) fueron transformados con $\sqrt{X + \frac{1}{2}}$, donde: x es el porcentaje original y $\frac{1}{2}$ es una constante debido a valores entre 0 y 100 (Steel y Torrie, 1986). Éstas y las otras cuatro variables fueron sometidas al análisis de varianza. Las pruebas de hipótesis se efectuaron a un nivel del 0.05 ó 0.01 de probabilidad de error. Cuando la prueba de F fue significativa se compararon las medias de tratamiento con la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 0.01 (Martínez, 1988).

Con las seis variables se hizo un análisis de componentes principales; la matriz de datos, para la obtención de las covarianzas y de las correlaciones, se construyó colocando en las hileras a los 20 genotipos de trigo y en las columnas a los valores de cada variable. Antes de obtener el biplot los datos fueron estandarizados y sometidos a la descomposición de valores singulares, en la forma como lo sugirió Sánchez (1995). Los resultados fueron editados en Microsoft Excel, considerando los dos primeros componentes principales (González *et al.*, 2010).

Resultados y discusión

Análisis de varianza

En la localidad 1 los efectos entre genotipos fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) para rendimiento (RG), floración (DF), madurez fisiológica (DM), y altura de planta (AP); en roya (PR) sólo fueron significativos al 0.05 (Cuadro 2). En la localidad 2 los valores de F para genotipos fueron altamente significativos ($p \leq 0.01$) para rendimiento (RG), floración (DF), madurez fisiológica (DM) y altura de planta (AP); para roya (PR) y acame (PA) no hubo diferencias significativas (Cuadro 3). Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre localidades (L) y entre genotipos (G) para rendimiento de grano (RG), floración (DF) y madurez fisiológica (DM). En altura de planta (AP) sólo hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre genotipos (G) y para porcentaje de roya sólo las hubo entre localidades (L). En la interacción genotipo por localidad (G x L) sólo hubo efectos altamente significativos ($p \leq 0.01$) en DF y DM. En porcentaje de acame (PA) no hubo efectos significativos para ninguna fuente de variación (Cuadro 4).

the F test was significant the mean of the treatments were compared with the Tukey test at a significance level of 0.01 (Martínez, 1988).

With the six variables was made an analysis of the main components; the data matrix to obtain covariance and correlations was built by placing in rows the 20 genotypes of wheat and in columns the values of each variable. Before obtaining the biplot data were standardized and subjected to singular value decomposition, in the way suggested by Sánchez (1995). The results were edited in Microsoft Excel, considering the first two principal components (González *et al.*, 2010).

Results and discussion

Analysis of variance

In site 1 the effects among genotypes were highly significant ($p \leq 0.01$) to yield (GY), flowering (DF), physiological maturity (PM), and plant height (PH); in rust (LR) were significant only at 0.05 (Table 2). In site 2 F values for genotypes were highly significant ($p \leq 0.01$) to yield (GY), flowering (DF), physiological maturity (PM) and plant height (PH); for rust (LR) and lodging (IL) were no significant differences (Table 3). Highly significant differences were detected ($p \leq 0.01$) between sites (S) and between genotypes (G) for grain yield (GY), flowering (DF) and physiological maturity (PM). In plant height (PH) only highly significant differences ($p \leq 0.01$) between genotypes (G) and for percentage of rust was only between locations (L). In the interaction of genotype by site (G x S) there were only highly significant effects ($p \leq 0.01$) in DF and PM. In lodging percent (PA) there were no significant effects for any source of variation (Table 4).

The above results indicate that there is phenotypic variability among bread wheat genotypes that could be useful to identify outstanding advanced lines to be incorporated into a breeding program or for recommendation in commercial planting. The alternation of different environments for selection of germplasm and the establishment of uniform trials in the widest variety of conditions, seek to obtain stable genotypes and high yield (Rodríguez *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Valores de F y su significancia estadística para rendimiento de grano (RG), floración (DF), madurez fisiológica (DM), altura de planta (AP) y porcentajes de acame (PA) y roya (PR). localidad 1 (Block 609), Valle del Yaqui Sonora, México.

Table 2. F values and their statistical significance for grain yield (GY), flowering (DF), physiological maturity (PM), plant height (PH) and percentage of lodging (PL) and rust (LR). Site 1 (Block 609), Yaqui Valley Sonora, Mexico.

FV	GL	RG	DF	DM	AP	PA	PR
Repeticiones	3	1.85 ns	2.63*	17.92**	0.47ns	0.0 ns	1.74 ns
Genotipos	19	4.55**	33.50**	757.68 **	16.70**	0.0 ns	1.74*

*Significancia al 0.05; **Significancia al 0.01; ns= no significativo; FV= fuente de variación; GL= grados de libertad.

Cuadro 3. Valores de F y su significancia estadística para rendimiento de grano (RG), floración (DF), madurez fisiológica (DM), altura de planta (AP) y porcentajes de acame (PA) y roya (PR). Localidad 2 (Block 1605), Valle del Yaqui, Sonora, México.

Table 3. F values and their statistical significance for grain yield (GY), flowering (DF), physiological maturity (PM), plant height (PH) and percentage of lodging (PL) and rust (LR). Site 2 (Block 1605), Yaqui Valley, Sonora, Mexico.

FV	GL	RG	DF	DM	AP	PA	PR
Repeticiones	3	1.01ns	0.58 ns	0.05 ns	0.94ns	0.66ns	13.82*
Genotipos	19	2.48 **	68.96**	310.60**	25.72**	0.85 ns	1.00 ns

*Significancia al 0.05; **Significancia al 0.01; ns= no significativo; FV= fuente de variación; GL= grados de libertad.

Cuadro 4. Valores de F y su significancia estadística para rendimiento de grano (RG), floración (DF), madurez fisiológica (DM), altura de planta (AP), acame (PA) y roya (PR).

Table 4. F values and their statistical significance for grain yield (GY), flowering (DF), physiological maturity (PM), plant height (PH), lodging (L) and rust (LR).

F V	GL	RG	DF	DM	AP	PA	PR
Localidades (L)	1	42.53 **	384.10 **	33.82 **	0.01 ns	3.59 ns	7.01 **
Repeticiones/L	6	1.25ns	1.34ns	7.62**	0.65ns	0.66 ns	12.16 **
Genotipos (G)	19	4.73 **	97.15 **	797.93 **	39.74 **	0.85 ns	1.75 *
Interacción L x G	19	1.21 ns	14.64 **	202.25 **	0.52 ns	0.85 ns	0.45 ns

* Significancia al 0.05; ** Significancia al 0.01; ns, no significativo; FV= fuente de variación; GL= grados de libertad.

Los resultados anteriores indican que existe variabilidad fenotípica entre genotipos de trigo harinero que podría ser de utilidad para identificar líneas avanzadas sobresalientes para ser incorporadas en un programa de mejoramiento genético o para recomendación en siembra comercial. La alternancia de diferentes ambientes para la selección del germoplasma y el establecimiento de ensayos uniformes en la más amplia diversidad de condiciones, persiguen la obtención de genotipos estables y de alto rendimiento (Rodríguez *et al.*, 2002).

Comparación de medias entre genotipos

En la localidad 1 el genotipo 15 (RSMF7CJ-92) tuvo el mayor rendimiento de grano (8.32 t ha⁻¹) y difirió significativamente de 3, 4, 6, 7 y 18 (Cuadro 5). Las 17

Comparison of means between genotypes

In site1 genotype 15 (RSMF7CJ-92) had the highest grain yield (8.32 t ha⁻¹) and differed significantly from 3, 4, 6, 7 and 18 (Table 5). The 17 lines from the Company Seed Resource Mexicana did not statistically outperform the three controls from INIFAP. Villaseñor and Espitia (2000) commented that this genetic material from INIFAP is recommended for favorable environments where irrigation is generally applied, with deep soils where rainfall is above 600 mm per year, conditions in which its grain yield is higher to 7 t ha⁻¹.

According to the scale proposed by Rodríguez *et al.* (2005) only 11 of the 20 genotypes evaluated in this study would be classified as excellent, since their yield varied from 7.09 to

líneas de la Empresa Resource Seed Mexicana no superaron estadísticamente a los tres testigos del INIFAP. Villaseñor y Espitia (2000) comentaron que este material genético del INIFAP es recomendable para ambientes favorables, donde generalmente se aplica riego, hay suelos profundos y donde se registra una precipitación superior a 600 mm anuales, condiciones en las que su rendimiento de grano es superior a 7 t ha⁻¹.

7.82 t ha⁻¹; the nine remaining materials would be grouped as favorable (from 4.71 to 6.17 t ha⁻¹). In site 1 the means for GY were higher than those considered in one or another category.

In site 2 genotype 10 (BABAX / LR42) produced the highest yield (7.53 t ha⁻¹) and differed significantly from 6 (05W90710) and 16 (RSMF7CJ-100), with 4.26 and

Cuadro 5. Comparación de medias para rendimiento de grano (RG) y para floración, (DF) en 20 genotipos de trigo evaluados en dos localidades del Valle del Yaqui, Sonora, México.

Table 5. Comparison of means for grain yield (GY) and flowering (DF) in 20 wheat genotypes evaluated at two sites in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico.

Núm.	Genotipos	RG (t ha ⁻¹)			Floración (días)		
		L1	L2	Comb	L1	L2	Comb
1	Roelf (testigo)	7.45 abcd	6.32 abc	6.89 abcd	84.75 efgh	79.75 h	82.20 de
2	RSM-Norman F-2008	7.57 abcd	5.94 abc	6.75 abcd	88.00 cd	85.00 d	86.50 c
3	01W20728	6.18 d	5.48 abc	5.83 cd	87.75 cd	85.00d	86.30 c
4	Blanca fuerte	6.24 cd	5.78 abc	6.01 bcd	82.75 h	79.25 h	81.00 e
5	04W44509-1	7.30 abcd	5.78 abc	6.54 abcd	83.00 h	73.00 i	78.00 f
6	05W90710	6.48 bcd	4.26 c	5.37 d	84.25 fgh	81.75 efgh	83.00 d
7	05W90685	5.97 d	5.69 abc	5.83 cd	86.25 defg	85.25cd	85.70 c
8	04W44509-2	6.81 abcd	5.76 abc	6.28 abcd	83.50 h	73.00 i	78.20 f
9	PRL/2*Pastor	7.06 abcd	6.70 abc	6.88 abcd	83.50 h	80.25h	81.80 de
10	BABAX/LR42/	7.96 ab	7.53 a	7.75 a	86.50 def	84.50 de	85.50 c
11	RSMF7CJ-70	7.93 abc	5.94 abc	6.94 abcd	89.50 abc	88.25 bc	88.80 b
12	RSMF7CJ-78	8.12 ab	7.05 abc	7.74 a	83.50 h	81.25 fgh	82.30 de
13	RSMF7CJ-80	7.96 ab	7.35 ab	7.65 ab	84.25 fgh	80.50 gh	82.30 de
14	RSMF7CJ-90	7.42 abcd	6.92 abc	7.17 abc	84.50 efgh	82.25 defgh	83.30 d
15	RSMF7CJ-92	8.32 a	7.27 ab	7.79 a	86.75 de	84.25 def	85.50 c
16	RSMF7CJ-100	7.05 abcd	4.47 bc	5.76 cd	90.50 ab	91.25 ab	90.80 a
17	PM 3	7.27 abcd	7.07 abc	7.17 abc	88.25 bcd	83.50 defg	85.80 c
18	RSMF8 95	6.45 bcd	6.02 abc	6.24abcd	91.50 a	92.75 a	92.10 a
19	Kronstad (testigo)	6.63 abcd	6.77 abc	6.70abcd	84.50 efgh	81.00 gh	82.70 de
20	Tacupeto (testigo)	7.43 abcd	6.39 abc	6.91 abcd	84 gh	80.50 gh	82.2 de
DMSH		1.71	2.97	1.91	2.37	3.10	1.91

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha=0.01$) L1 Block 609; L2= Block 1605.

Según la escala propuesta por Rodríguez *et al.* (2005) sólo 11 de los 20 genotipos evaluados en el presente estudio serían clasificados como excelentes, ya que su rendimiento varió de 7.09 a 7.82 t ha⁻¹; los nueve materiales restantes serían agrupados como favorables (de 4.71 a 6.17 t ha⁻¹). En la localidad 1 las medias para RG fueron superiores a los que se consideran en una ó en otra categoría.

En la localidad 2 el genotipo 10 (BABAX/LR42) produjo el mayor rendimiento (7.53 t ha⁻¹) y difirió significativamente de 6 (05W90710) y 16 (RSMF7CJ-100), con 4.26 y 4.47 t ha⁻¹; las 17 líneas tampoco superaron estadísticamente a

4.47 t ha⁻¹; the 17 lines did not statistically outperformed the three witnesses (Table 5). At this location 7 genotypes were classified as favorable (GY 7.05 to 7.53 t ha⁻¹) and the remaining 13 would be recommended for intermediate environments (Villaseñor and Espitia, 2000). According to Rodríguez *et al.* (2005) only four genotypes would be classified as excellent and the other 16 as favorable.

By averaging GY at both locations was observed that 15 genotypes were statistically similar but the outstanding were RSMF7CJ-92 (7.78 t ha⁻¹), BABAX / LR42 (7.75 t ha⁻¹), RSMF7CJ-78 (7.74 t ha⁻¹), RSMF7CJ-80 (7.65 t ha⁻¹), and

los tres testigos (Cuadro 5). En esta localidad 7 genotipos se clasificaron como favorables (RG de 7.05 a 7.53 t ha⁻¹) y los 13 restantes serían recomendables para ambientes intermedios (Villaseñor y Espitia, 2000). De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2005) sólo cuatro genotipos serían clasificados como excelentes y los otros 16 como favorables.

Al promediar RG en ambas localidades se observó que 15 genotipos fueron estadísticamente iguales pero los más sobresalientes fueron RSMF7CJ-92 (7.78 t ha⁻¹), BABAX / LR42 (7.75 t ha⁻¹), RSMF7CJ-78 (7.74 t ha⁻¹), RSMF7CJ-80 (7.65 t ha⁻¹), y PM3 (7.17 t ha⁻¹) (Cuadro 5). Al aplicar la clasificación de Rodríguez *et al.* (2005) sólo 6 genotipos estarían en la categoría de excelentes (RG de 7.17 a 7.79 t ha⁻¹) y los otros 14 serían clasificados como favorables (RG de 5.37 a 6.89 t ha⁻¹).

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 1987) considera como criterio de selección de líneas promisorias al número de granos y al peso de grano por unidad de superficie, ya que ambas están correlacionadas positiva y significativamente. Los altos rendimientos que se obtuvieron en este estudio se atribuyen a que el material genético se sembró en condiciones de riego donde mostró su alto potencial de para producir grano, su resistencia al acame y a la roya y su buena respuesta a la aplicación de insumos (Huerta y González, 2000). Lupton *et al.* (1974) mencionaron que es posible incrementar la producción de trigo mediante la selección para rendimiento *per se* y por sus componentes del rendimiento, como número de espigas, granos por espiga y peso de grano.

Sin embargo, Slafer y Calderini (2003) determinaron que aumentar el número de granos es una estrategia correcta para lograr mayores rendimientos pero es de poco valor en términos prácticos: el número de granos por unidad de área está correlacionada negativa y significativamente con el peso de grano (en términos de susceptibilidad a la interacción genotipo x ambiente y su consecuente baja heredabilidad) y quizás esa y otras características agronómicas sean más complejas de ser medidas que el rendimiento *per se*.

En la localidad 1, RSMF7CJ-100 (90.87 días) y RSMF895 (91.5 días) fueron los más tardíos y superaron estadísticamente a los otros 18 genotipos (Cuadro 5). La línea 04W44509-1 fue la más precoz con 83 días a floración. En la localidad 2, RSMF7CJ-100 (91.2 días) y RSMF895 (92.7 días) fueron las más tardías y difirieron estadísticamente de los 18 genotipos restantes; 04W44509-1 (73 días) y 04W44509-2 (73 días) fueron las más precoces (Cuadro 5).

PM3 (7.17 t ha⁻¹) (Table 5). By applying the classification of Rodríguez *et al.* (2005) only 6 genotypes would be in the excellent category (GY 7.17 to 7.79 t ha⁻¹) and the other 14 would be classified as favorable (GY of 5.37 to 6.89 t ha⁻¹).

The International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT, 1987) considered as a criterion for selecting promising lines the number of grains and grain weight per unit area, since both are correlated positively and significantly. The high yields obtained in this study are attributed to the genetic material that was sown under irrigation where it showed its high potential to produce grain, resistance to lodging and rust and its good response to the application of inputs (Huerta and González, 2000). Lupton *et al.* (1974) mentioned that it is possible to increase wheat production by selecting for yield *per se* and by its yield components, like number of spikes, grains per spike and grain weight. However, Slafer and Calderini (2003) determined that increasing the number of grains is the right strategy to achieve higher yields but is of little value in practical terms: the number of grains per unit area is correlated negatively and significantly with the weight of grain (in terms of susceptibility to genotype x environment interaction and its consequent low heritability) and perhaps this and other agronomic traits are more complex to be measure than yield *per se*.

In site 1 RSMF7CJ-100 (90.87 days) and RSMF895 (91.5 days) were the latest and statistically outperformed the other 18 genotypes (Table 5). The line 04W44509-1 was the earliest to flowering with 83 days. In site 2 RSMF7CJ-100 (91.2 days) and RSMF895 (92.7 days) were the most late and were statistically different from the 18 remaining genotypes; 04W44509-1 (73 days) and 04W44509-2 (73 days) were the earliest (Table 5).

By averaging both environments, RSMF7CJ-100 (90.87 days) and RSMF895 (92.12 days) were the latest and statistically outperformed the remaining 18 genotypes; 04W44509-1 (78 days) and 04W44509-2 (78.2 days) were the earliest (Table 5). These results differ from those of Balbuena *et al.* (2008) (mean of 148 DF), who commented that in the Highlands of Central Mexico are desirable early varieties and high grain yield, to counteract the problems of frost and hail and to produce quality grain for agribusiness.

In site 1 RSMF895 had 134 PM and was statistically equal to RSMF7CJ-70, RSMF7CJ-100, RSMF7CJ-92 and PM 3, but differ statistically from the 15 remaining genotypes.

Al promediar ambos ambientes, RSMF7CJ-100 (90.87 días) y RSMF895 (92.12 días) fueron los más tardíos y superaron estadísticamente a los 18 genotipos restantes; 04W44509-1 (78 días) y 04W44509-2 (78.2 días) fueron las más precoces (Cuadro 5). Estos resultados difieren de los de Balbuena *et al.* (2008) (media de 148 DF), quienes comentaron que en los Valles Altos del Centro de México son deseables las variedades precoces y de alto rendimiento de grano, para contrarrestar los problemas de heladas y granizo y para producir grano de calidad para la agroindustria.

En la localidad 1, RSMF895 tuvo 134 DM y fue estadísticamente igual a RSMF7CJ-70, RSMF7CJ-100, RSMF7CJ-92 y PM 3, pero difirió estadísticamente de los 15 genotipos restantes. 04W44509-1 tuvo 83 días a MF y rindió 7.30 t ha⁻¹, por lo que podría recomendarse por ambas características. En la localidad 2, RSMF895 tuvo el mayor promedio en DM (134.5 días) y fue estadísticamente igual a RSMF7CJ-70 y RSMF7CJ-100, pero difirió significativamente de los 17 genotipos restantes. La línea más precoz fue 04 W44509-1, con 73 días (Cuadro 6) y produjo 5.78 t ha⁻¹.

04W44509-1 had 83 days to PM and yielded 7.30 t ha⁻¹, so it could be recommended for both traits. In site 2 RSMF895 had the highest average in PM (134.5 days) and was statistically equal to RSMF7CJ -70 and RSMF7CJ-100, but differed significantly from the 17 remaining genotypes. The earliest online was 04 W44509-1, with 73 days (Table 6) and produced 5.78 t ha⁻¹.

In the average of both sites was observed that RSMF895 (134.2 days), RSMF7CJ-100 (133 days) and RSMF7CJ-70 (132.6 days) outperformed significantly the 17 remaining genotypes. The line 04W44509-1 had 78 PM. The arithmetic mean was 123.39 PM (Table 6). This variable is the most reliable indicator in the duration of the biological cycle of the wheat crop. In general, for rainfed it is suggested to use early varieties (90-100 PM) and intermediate (105-115 PM) (Huerta and González, 2000). In site 1, and according to this classification, lines 3, 4 and 5 would be early and the other 17 genotypes would be late. In site 2 only genotype 5 would be early. In the average of the two sites line 5 would be early, lines 3 and 4 would be intermediate and the other 17 genotypes would be late.

Cuadro 6. Comparación de medias para madurez fisiológica (DM) y altura de planta (AP) en 20 genotipos de trigo harinero evaluados en dos localidades del Valle del Yaqui, Sonora, México.

Table 6. Mean comparison to physiological maturity (PM) and plant height (PH) in 20 bread wheat genotypes evaluated at two sites in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico.

Núm.	Genotipos	DM			AP (cm)		
		L1	L2	Comb.	L1	L2	Comb
1	Roelf (testigo)	125.7 hi	122.2 g	124.0 h	108.75 ab	106.2 b	107.5 ab
2	RSM-Norman F-2008	130.5 bcdef	128 cd	129.2 cd	97.5 cd	96.2 cde	96.8 def
3	01W20728	87.7 j	125.7 cdefg	106.7 i	80.0 f	80.0 g	80.0 h
4	Blanca fuerte	82.7 k	123.5 efg	103.1 j	82.5 ef	86.2 fg	84.3 h
5	04W44509-1	83 k	73 h	78.0 k	102.5 abc	101.2 bcd	101.8 bcde
6	05W90710	128.0 efghi	125.7 cdefg	126.6 defg	91.2 de	90.0 ef	90.6 g
7	05W90685	128.2 efgh	126 cdef	127.1 defg	96.2 cd	96.2 cde	96.2 efg
8	04W44509-2	127.2 ghi	122.5 fg	124.8 gh	100 bcd	100 bcd	100 cdef
9	PRL/2*Pastor	127.5 fghi	124.7 defg	126.1 fgh	97.5 cd	98.7 cd	98.1 cdef
10	BABAX/LR42/	129.7 cdefg	127.7 cd	128.7 cde	98.7 cd	100 bcd	99.3 cdef
11	RSMF7CJ-70	133.0 ab	132.2 ab	132.6 ab	97.5 cd	98.7 cd	98.1 cdef
12	RSMF7CJ-78	128.7 defgh	125 defg	126.8 defg	98.7 cd	100 bcd	99.3 cdef
13	RSMF7CJ-80	128.2 efgh	125 defg	126.6 efg	98.7 cd	97.5 cd	98.1 cdef
14	RSMF7CJ-90	128.0 efghi	127.7 cd	127.8 def	96.2 cd	95.0 de	95.6 fg
15	RSMF7CJ-92	132.5 abc	129.2 bc	130.8 bc	96.2 cd	95.0 de	95.1 fg
16	RSMF7CJ-100	133.2 ab	132.7 ab	133 ab	101.2 bc	102.5 bc	101.8 bcde
17	PM 3	131.7 abcd	125.2 defg	128.5 cdef	105.0 abc	102.5 bc	103.7 bc
18	RSMF8 95	134 a	134.5 a	134.2 a	101.2 bc	102.5 bc	101.8 bcde
19	Kronstad (testigo)	130.7 bcde	126.5 cde	128.6 cde	102.5 abc	102.5 bc	102.5 bcd
20	Tacupeto (testigo)	125.0 i	122.5 fg	123.7 h	111.2 a	113.7 a	112.5 a
DMSH		3.18	3.71	2.39	9.45	7.40	5.86

*Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha=0.01$). L₁= Block 609; L₂= Block 1605.

En el promedio de ambas localidades se observó que RSMF895 (134.2 días), RSMF7CJ-100 (133 días) y RSMF7CJ-70 (132.6 días) superaron significativamente a los 17 genotipos restantes. La línea 04W44509-1 tuvo 78 DM. La media aritmética fue de 123.39 DM (Cuadro 6). Esta variable es el indicador más confiable en la duración del ciclo biológico del cultivo de trigo. En general, para siembras de temporal se sugiere usar variedades precoces (90 a 100 DM) e intermedias (105 a 115 DM) (Huerta y González, 2000). En la localidad 1, y de acuerdo a esta clasificación, las líneas 3, 4 y 5 serían precoces y los otros 17 genotipos serían tardíos. En la localidad 2 sólo el genotipo 5 sería precoz. En el promedio de las dos localidades la línea 5 sería precoz, las líneas 3 y 4 serían intermedias y los otros 17 genotipos serían tardíos. En altura de planta (AP) en la localidad 1 los testigos Roelf (106.25 cm) y Tacupeto (111.25 cm) mostraron los mayores promedios y fueron significativamente iguales a PM3 (105 cm), 04W44509-1 (102.5 cm) y Kronstad (102.5 cm), pero difirieron estadísticamente de los 15 genotipos restantes. 01W20728 (80 cm) y Blanca Fuerte (82.5 cm) presentaron el menor porte.

En la localidad 2 en Tacupeto (113.75 cm) se registró el mayor promedio y ésta difirió significativamente de los otros 19 genotipos. 01W20728 (80 cm) tuvo el menor porte y fue estadísticamente igual a 01W20728 (80 cm), Blanca Fuerte (86.25 cm), y 05W90710 (90 cm). Los resultados obtenidos por localidad mostraron que las líneas y los testigos tuvieron porte alto (de 113.75 a 80 cm). Al promediar ambas localidades, Tacupeto (112.5 cm) y Roelf (107.5 cm) tuvieron los mayores promedios y difirieron estadísticamente de los 18 genotipos restantes.

El menor porte de la planta se registró en 01W20728 (80 cm) y Blanca Fuerte (84.37 cm). Estos resultados son diferentes a los reportados por Balbuena *et al.* (2008) (valores de 68.67 a 88.08 cm). En este estudio el promedio fue de 98.21 cm (Cuadro 6). La altura de planta en siembras de riego puede ser doble enana (menos de 70 cm), enana (70 a 80 cm), semi-enana (90 a 95 cm) y altas (Huerta y González, 2000). Así, 01W20728 y Blanca Fuerte son enanas 05W90710, RSMF7CJ-90 y RSMF7CJ-92 son semi-enanas y las 13 líneas restantes y los tres testigos son altos.

El acame (PA) registrado en la localidad 1 y en la localidad 2 varió de 0.707 a 1.91% (Cuadro 7). Estos resultados indican que los 20 genotipos de trigo harinero presentan resistencia al acame, ya que las líneas y los testigos presentaron porte alto. La resistencia al acame es fundamental para obtener

In plant height (PH) in site 1 the controls Roelf (106.25 cm) and Tacupeto (111.25 cm) showed higher mean values and were significantly equal to PM3 (105 cm), 04W44509-1 (102.5 cm) and Kronstad (102.5 cm), but differed statistically from the remaining 15 genotypes. 01W20728 (80 cm) and Strong White (82.5 cm) showed the smaller size.

In site 2 in Tacupeto (113.75 cm) recorded the highest average and this differed significantly from the other 19 genotypes. 01W20728 (80 cm) had the smaller size and was statistically equal to 01W20728 (80 cm), Strong White (86.25 cm), and 05W90710 (90 cm). The results obtained by site showed that the lines and controls had a high height (from 113.75 to 80 cm). By averaging both sites, Tacupeto (112.5 cm) and Roelf (107.5 cm) had the highest averages and differed statistically from the 18 remaining genotypes. The smaller size of plant was recorded in 01W20728 (80 cm) and Strong White (84.37 cm). These results differ from those reported by Balbuena *et al.* (2008) (values of 68.67 to 88.08 cm). In this study the average was 98.21 cm (Table 6). Plant height in irrigated crops can be double dwarf (under 70 cm), dwarf (70-80 cm), semi-dwarf (90-95 cm) and tall (Huerta and González, 2000). Thus, 01W20728 and Strong White are dwarfs 05W90710, RSMF7CJ -90 and RSMF7CJ-92 and are semi-dwarf and the remaining 13 lines and the three controls are tall.

Lodging (PL) registered at site 1 and site 2 ranged from 0.707 to 1.91% (Table 7). These results indicate that the 20 bread wheat genotypes show resistance to lodging, since the lines and controls presented high height. The lodging resistance is essential for obtaining higher yields and grain quality. In the Yaqui Valley, Sonora, normally are sown dwarf and semi-dwarf wheat under irrigation and although in this study plant height in wheat was high, were not observed lodging rates above 2%.

In site 1, the controls Roelf (1.116%) and Tacupeto (1.40%) had the highest mean for rust (LR), but were statistically equal to the remaining 18 genotypes. In the combined analysis the higher incidence of rust was recorded in Tacupeto (1.65%), 05W90685 (1.29%), Roelf (1.11%), 05W90710 (1.02%) and Kronstad (1.02%). (Table 7).

Genetic resistance is the most important tool for disease control and to lower crop costs by applying less fungicide. The leaf rust has caused yield losses of 43-84% in susceptible varieties (Singh and Huerta-Espino, 1997; Huerta *et al.*, 2011). Currently 54 genes of resistance are known but only 9

mayor rendimiento y calidad de grano. En el Valle del Yaqui, Sonora, normalmente se siembran trigos enanos y semienanos en condiciones de riego y aunque en este estudio la altura de planta en los trigos fue alta, no se observaron porcentajes de acame superiores al 2%.

genes are effective; Lr34 and Lr46 are present in commercial varieties (Huerta and Singh, 1996). This fact highlights the importance to identify resistant genotypes. At present it has been successfully transferred the resistance gene Lr14 from crystalline wheat to bread wheat.

Cuadro 7. Comparación de medias para acame (PA) y roya (PR) en 20 genotipos de trigo harinero evaluados en dos localidades (L1 y L2) del Valle del Yaqui, Sonora, México.

Table 7. Comparison of means for lodging (PL) and rust (LR) in 20 bread wheat genotypes evaluated at two sites (S1 and S2) of the Yaqui Valley, Sonora, Mexico.

Núm.	Genotipos	PA (%)			PR (%)		
		L1	L2	Comb.	L1	L2	Comb.
1	Roelf (testigo)	0.7071 a	1.911 a	1.30 a	1.1166 a	1.1166 a	1.11 ab
2	RSM-Norman F-2008	0.7071 a	1.3404 a	1.02 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
3	01W20728	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.998 a	0.85 ab
4	Blanca fuerte	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.998 a	0.85 ab
5	04W44509-1	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.9256 a	0.81 ab
6	05W90710	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	1.3404 a	1.02 ab
7	05W90685	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.9256 a	1.6623 a	1.29 ab
8	04W44509-2	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.9256 a	0.81 ab
9	PRL/2*pastor	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	1.1166 a	0.91 ab
10	BABAX/LR42/	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
11	RSMF7CJ-70	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
12	RSMF7CJ-78	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
13	RSMF7CJ-80	0.7071 a	1.3404 a	1.02 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
14	RSMF7CJ-90	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
15	RSMF7CJ-92	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.9256 a	0.81 ab
16	RSMF7CJ-100	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
17	PM 3	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.9256 a	0.81 ab
18	RSMF8 95	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	0.7071 a	0.7071 a	0.70 b
19	Kronstad (testigo)	0.7071 a	1.911 a	1.30 a	0.7071 a	1.3404 a	1.02 ab
20	Tacupeto (testigo)	0.7071 a	0.7071 a	0.70 a	1.4076 a	1.911 a	1.65 a
DMSH		0	2.27	1.11	0.71	1.80	0.94

Las medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $\alpha=0.01$).

En la localidad 1, los testigos Roelf (1.116%) y Tacupeto (1.40%) presentaron los mayores promedios para roya (PR), pero estadísticamente fueron iguales a los 18 genotipos restantes. En el análisis combinado la mayor incidencia de roya se registró en Tacupeto (1.65%), 05W90685 (1.29%), Roelf (1.11%), 05W90710 (1.02%) y Kronstad (1.02%) (Cuadro 7).

La resistencia genética es la herramienta más importante para el control de enfermedades y para disminuir los costos del cultivo al aplicar menos fungicidas. La roya de la hoja ha causado pérdidas en el rendimiento de 43 a 84% en variedades susceptibles (Singh y Huerta-Espino, 1997; Huerta *et al.* 2011). En la actualidad se conocen 54 genes de resistencia pero sólo 9 genes son efectivos; Lr34 y Lr46 están presentes en variedades comerciales (Huerta y Singh, 1996).

Comparison of means between sites

In site 1 was estimated higher grain yield (7.18 t ha⁻¹) and more days to flowering (85.87 days) and its difference from site 2 was statistically different. In site 2 was recorded more days to physiological maturity (124) and rust incidence (0.99%), their averages were statistically different from site 1. Between sites were no statistical differences in plant height (PH) and lodging (PL) (Table 8). The above results suggest that the overall evaluation of the 20 wheat genotypes at both sites is justifiable due to environmental factors and orographic associated with both sites originated significant phenotypic variability in the agronomic characteristics that were considered in this study.

Este hecho destaca la importancia de identificar genotipos resistentes. En la actualidad se ha logrado transferir el gen de resistencia Lr 14 de trigos harineros a cristalinos.

Comparación de medias entre localidades

En la localidad 1 se estimó mayor rendimiento de grano (7.18 t ha⁻¹) y más días a floración (85.87días) y su diferencia con relación a la localidad 2 fue estadísticamente diferente. En la localidad 2 se registró más días a madurez fisiológica (124) y más incidencia de roya (0.99 %), sus promedios fueron estadísticamente diferentes a los de la localidad 1. Entre localidades no hubo diferencias estadísticas en altura de planta (AP) y en acame (PA) (Cuadro 8). Los resultados anteriores en general sugieren que la evaluación de los 20 genotipos de trigo en ambas localidades es justificable, debido a que los factores ambientales y orográficos asociadas con ambos sitios originaron variabilidad fenotípica importante en las características agronómicas que fueron consideradas en este estudio.

Cuadro 8. Comparación de medias entre localidades para rendimiento de grano (RG), días a floración (DF), días a madurez fisiológica (DM), altura de planta (AP) y porcentajes de acame (PA) y de roya (R) en 20 genotipos de trigo harinero evaluados en el Valle del Yanqui, Sonora.

Table 8. Comparison of means between sites for grain yield (GY), days to flowering (DF), days to physiological maturity (PM), plant height (PH) and percentage of lodging (PL) and rust (R) in 20 genotypes of bread wheat evaluated in Yaqui Valley, Sonora.

Localidades	RG (t ha ⁻¹)	DF	DM	AP (cm)	PA (%)	PR (%)
L1	7.184 a	85.87 a	122.78 b	98.18 a	0.70 a	0.77 b
L2	6.225 b	82.61 b	124.00 a	98.25 a	0.89 a	0.99 a
Media	6.708	84.24	123.39	98.21	0.79	0.88
DMSH	0.291	0.32	0.41	1.01	1.117	0.17

Análisis de componentes principales

El CP1 (28.6%) se explicó principalmente por el rendimiento de grano (RG), mientras que el CP2 (27.2%) se asoció con las dimensiones de la planta (AP), con el ciclo biológico (DF y DM) y con las resistencias al acame (PA) y a la roya de la hoja (PR). Sánchez (1995) y González *et al.* (2010) sugirieron que valores superiores al 50% para los dos primeros CP permiten interpretar confiablemente las correlaciones aproximadas que se representan en el biplot de la Figura 1.

Analysis of main components

The main component 1 (MC1 28.6%) was mainly explained by the grain yield (GY), while the main component 2 (MC2 27.2%) was associated with the size of the plant (PH) with the biological cycle (DF and PM) and with the resistance to lodging (PL) and leaf rust (LR). Sánchez (1995) and González *et al.* (2010) suggested that values above 50% for the first two MC allow interpreting reliably approximate correlations that are represented in the biplot of Figure 1.

In the previous context, the increase in the GY in the genetic material was related to higher plants and higher life cycle, but with less resistance to lodging and leaf rust, with respect to the last two variables it can be appreciate a great advantage because the damage percentage were below to 2%. The genotypes with higher GY were identified as 10, 12, 15 and 17 and this subset represents the most favorable inter relationships previously cited. In another contrasting group are identified the genotypes 3, 4, 5, 6, 7 and 8, with higher earliness and higher resistance to lodging and rust, but with less GY (Figure 1).

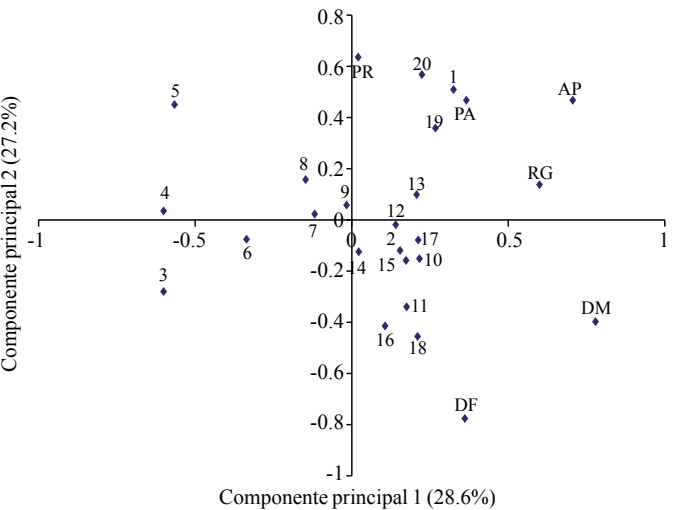


Figura 1. Biplot entre 36 poblaciones de trigo, identificadas con números y seis variables evaluadas, codificadas con letras en los componentes principales 1 y 2.

Figure 1. Biplot between 36 populations of wheat, identified by numbers and six variables evaluated, coded letters in the principal components 1 and 2.

Conclusions

In site 1, the best line was RSMF7CJ-62 (8.32 t ha⁻¹) and at site 2 was BABAX/LR42 (7.53 t ha⁻¹). The yield at site 2 (6.22 t ha⁻¹) was statistically lower than site 1 (7.18 t ha⁻¹). The 17 lines and the

En el contexto anterior, el incremento en el RG en el material genético estuvo relacionado con plantas más altas y de mayor ciclo biológico, pero con menor resistencia a acame y a roya de la hoja; con relación a las dos últimas variables se puede apreciar una gran ventaja debido a que los porcentajes de daño fueron inferiores al 2%. Los genotipos con mayor RG fueron los identificados como 10, 12, 15 y 17 y este subconjunto representa las interrelaciones más favorables que se citaron previamente. En otro grupo contrastante se identifica a los genotipos 3, 4, 5, 6, 7 y 8, con mayor precocidad y mayor resistencia al acame y a la roya, pero con menor RG (Figura 1).

Conclusiones

En la localidad 1, la mejor línea fue RSMF7CJ-62 (8.32 t ha⁻¹) y en la localidad 2 fue BABAX/LR42 (7.53 t ha⁻¹). El rendimiento en la localidad 2 (6.22 t ha⁻¹) fue estadísticamente inferior al de la 1 (7.18 t ha⁻¹). Las 17 líneas y los tres testigos del INIFAP tuvieron rendimientos de grano estadísticamente iguales. Tacupeto (112.5 cm) y Roelf (107.5 cm), dos de las tres variedades testigo, tuvieron más altura y más roya (1.65 % y 1.11). La mayor variabilidad que se estimó en el componente principal 1 se explicó por el rendimiento de grano y la del componente principal 2 por las dimensiones de la planta, el ciclo biológico, el acame y la roya.

Literatura citada

- Balbuena, M.A.; González, H.A.; Rosales, R.E.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O. y Pérez, L.D.J. 2008. Identificación de genotipos sobresalientes de trigo en el Valle de Toluca, México. *Agric. Téc. Méx.* 34(2):257-261.
- Branlard, G.; Dardevet, N.; Amiour, M. and Igrejas, G. 2003. Allelic diversity of HVM and LMW glutenin subunits and omega-glucidins in french bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Gen. Res. Crop. Evol.* 50:669-679.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1987. El desarrollo futuro del maíz y el trigo en el Tercer Mundo. *Avances en la producción de trigo*. 10 p.
- Espitia, R. E.; Martínez, C. E.; Peña B. R. J.; Villaseñor M. H. E. y Huerta, E. J. 2008. Polimorfismo de gluteninas de alto peso molecular y su relación con trigos harineros para temporal. *Agric. Téc. Méx.* 34(1):57-67.
- three controls from INIFAP had grain yields statistically equal. Tacupeto (112.5 cm) and Roelf (107.5 cm), two of the three control varieties had more height and more rust (1.65% and 1.11). The greater variability that was estimated in the main component 1 was explained by the grain yield and for the main component 2 for the dimensions of the plant, life cycle, lodging and rust.
- End of the English version*
-
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). 2008. FAO Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://faostat.fao.org/> (consultado octubre, 2010).
- González, A.; Pérez, D. J.; Sahagún, J.; Franco, O.; Morales, E. J.; Rubí, M.; Gutiérrez, F. y Balbuena, A. 2010. Aplicación y comparación de métodos univariados para evaluar la estabilidad en maíces del Valle Toluca-Atlacomulco, México. *Agronomía Costarricense*. 34(2):129-143.
- Huerta, E. J. y González, I. R. M. 2000. Tipos y grupos de trigo. *In: el trigo de temporal en México*.
- Huerta-Espino, J. and Singh, R. P. 1996. Misconceptions on the durability of some adult leaf rust resistance genes in wheat. *In: Proc. 9th European and Mediterranean Cereal Rust and Powdery Mildews Conference*. Kema, G. H. J.; Niks, R. E. and Damen, R. A. (eds.). September 2-6, 1996. Lunteren, the Netherlands. 109-111 pp.
- Huerta, E. J.; Rodríguez, M. F.; Villaseñor, M. E.; Leyva, M. S. G. y Espitia, R. E. 2011. Variación genética de la resistencia a *Puccinia triticina*. en trigos duros de Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(1):35-41.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2008. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. http://www.pieaes.org.mx/caracteristicas_red_equipo.htm. (consultado junio, 2011).
- Lupton, F. G. H.; Oliver, A. H. and Ruckebauer, P. 1974. An analysis of the factors determining yield in crosses between semi-dwarf and taller wheat varieties. *J. Agric. Sci. Camb.* 82:483-496.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños experimentales. *Métodos y elementos de teoría*. Editorial Trillas. 1^a Edición México. 756 p.
- Peña, R. J.; Trethowam, R.; Pfeiffer, W. H. and Van-Ginkel, M. 2002. Quality (end-use) improvement in wheat: compositional, genetic and environmental factors. *In: Basra, A. S. and Randhawa, L. S. (eds.). Quality Improvement in field crops*. Food products press, an imprint of the Haworth Press, New York. 1-37 pp.

- Rodríguez, P. J. E.; Sahagún, C. J.; Villaseñor, M. H. E.; Molina, G. J. D. y Martínez, G. A. 2002. Estabilidad de siete variedades comerciales de trigo de temporal. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(2):143-151.
- Rodríguez, P. J. E.; Sahagún, C. J.; Villaseñor, M. H. E.; Molina, G. J. D. y Martínez, G. A. 2005. La interacción genotipo por ambiente en la caracterización de áreas temporales de producción de trigo. *Agrociencia.* 39:51-64.
- Sánchez, G. J. J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Ver. Fitotec. Mex.* 18:188-203.
- Shan, X.; Clayshulte, S. R.; Haley, S. D and Byrne, P. F. 2007. Variation for glutenin and waxy alleles in the US hard winter wheat germplasm. *J. Cereal Sci.* (45):199-208.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2009. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola.
- Singh, R. P. and Huerta-Espino, J. 1997. Effect of leaf rust resistance gene Lr34 on grain yield and agronomics traits of spring wheat. *Crop Sci.* 37:390-395.
- Slafer, A. G. y Calderini, D. F. 2003. Herramientas fisiológicas para el mejoramiento del rendimiento de trigo. *In: Seminario Internacional sobre Estrategias y Metodologías Utilizadas en el Mejoramiento del Trigo: Un Enfoque Multidisciplinario.* Mohan, K. M.; Díaz, A. M. y Castro, M. (Eds.). CIMMYT-INIA: La Estanzuela, Uruguay. 13-24 pp.
- Steel, R. G. D. y J. Torrie H. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos. 2ª Edición. Mc.Graw-Hill. México, D. F. 622 p.
- Villaseñor, M. H. E. y Espitia, R. E. 2000. Características de las áreas productivas 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.). Libro técnico. SAGARPA-INIFAP. 85-98 pp.
- Zadoks, J.; Ghang, C. and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14:415-421.