TecNM/Roque, Celaya, Guanajuato, 12-14 mayo 2025 ISSN 2448-6620

COMPARACIÓN DE RENDIMIENTO Y CARACTERES AGRONÓMICOS DE TRIGOS HARINEROS EN AMBIENTES EN EL BAJÍO

Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño[1]; Ernesto Solís-Moya[1], Lourdes Ledesma-Ramírez[1], Sarahyt Santamaría González Figueroa[1], Manuel Jerónimo Arriaga[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5 Celaya, Guanajuato, México. [2]Tecnológico Nacional de México-Roque Carretera Celaya-Juventino Rosas Km 8, Celaya, Guanajuato, México.
*Autor para correspondencia: 96.lidiarz@gmail.com

RESUMEN

El cultivo de trigo (*Triticum spp.)* es una de las gramíneas con mayor demanda a nivel mundial, su domesticación e importancia viene de tiempos muy remotos. Actualmente en la república mexicana su producción es menor a la demanda actual, presentando disminución de superficie sembrada y rendimiento, lo cual agrava aún más el problema año con año para la industria de la harinera. El objetivo de este trabajo fue evaluar once variedades de trigo durante los ciclos de Otoño – Invierno (IO) en los ciclos de OI 16-17, 17-18, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22 y 22-23. Los ambientes fueron en tres fechas de siembra (FSA, FSB Y FSC), y tres calendarios de riego que fueron de dos, tres y cuatro. Las variables evaluadas fueron días a espigamiento (DE), días a madurez (DM), altura de planta (AP) y rendimiento de grano (RG). Los datos fueron sometidos a ANOVA utilizando el procedimiento GLM del sistema SAS®. Se evaluaron los efectos principales y sus interacciones para los factores ciclo, ambiente, genotipo y repetición. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey (HSD, α = 0.05). Los resultados más sobresalientes en RG fueron en los genotipos Cisne F2016 y Elia M2016 de las 11 variedades, respectivamente. La Variedad Faisán S2016 presento mayor estabilidad en los ambientes de evaluación. De acuerdo con la interacción genotipo ambiente la FSB y EUA4R obtuvieron el mejor rendimiento entre ambientes.

Palabras clave: *Triticum spp.; ambientes; rendimiento; variedades.*

ABSTRACT

Wheat (*Triticum spp.)* is one of the most popular grasses worldwide. Its domestication and importance date back to ancient times. Currently, its production in Mexico is lower than current demand, with a decrease in planted area and yield, which further aggravates the problem year after year for the flour industry. The objective

of this study was to evaluate eleven wheat varieties during the Autumn-Winter (AW) cycles in the AW 16-17, 17-18, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22, and 22-23 seasons. The environments were used for three sowing dates (FSA, FSB, and FSC), and three irrigation schedules were two, three, and four. The variables evaluated were days to heading (DE), days to maturity (DM), plant height (AP), and grain yield (RG). Data were subjected to ANOVA using the GLM procedure of the SAS® system. Main effects and their interactions were evaluated for the factors cycle, environment, genotype, and repetition. Comparisons of means were performed using the Tukey test (HSD, α = 0.05). The most outstanding results in RG were in the Cisne F2016 and Elia M2016 genotypes of the 11 varieties, respectively. Cisne F2016 maintained higher results in the other variables analyzed compared to Elia M2016. The Faisán S2016 variety presented greater stability in the evaluation environments. According to the genotype-environment interaction, FSB and EUA4R obtained the best performance among environments.

Keywords: *Triticum spp.; environments; yield; varieties.*

INTRODUCCIÓN

El trigo tiene sus orígenes en la antigua Mesopotamia, es uno de los tres cereales más producidos globalmente, junto al maíz (*Zea mays* L.) y el arroz (*Oryza sativa* L.) más ampliamente consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad (Estrada *et al.,* 2014). En México, la superficie cosechada de trigo en el año agrícola 2020 se ubicó en 561.3 miles de hectáreas, lo que significó un decremento anual de 4.3%. Así, se produjeron 2.99 millones de toneladas (mdt), es decir, 7.9% menos que en el año agrícola previo. Por tipo de grano, 60.1% del trigo correspondió al tipo panificable y 39.9% al tipo de grano cristalino. México es deficitario en trigo panificable y excedentario en trigo cristalino (FIRA, 2021). El Bajío contribuye con el 28.3% de la producción nacional de trigo (*Triticum spp*.), debido a su ubicación geográfica y a las condiciones ambientales que favorecen la obtención de los más altos rendimientos en el país (Solís *et al.,* 2018). La fecha de siembra es una de las decisiones más importantes que el productor de trigo debe tomar en cada inicio del ciclo agrícola, sobre todo cuando se trata de producción de semilla, por lo que deberá considerar diversos factores que afectan directa e indirectamente el potencial de rendimiento de la variedad a utilizar (Noriega *et al.,* 2019). El principal problema en la región es la escasez de agua, ya que, en el estado de Guanajuato, principal productor de trigo de la zona, los niveles de extracción son insostenibles para las fuentes hídricas actualmente explotadas. Alrededor de 4,000 hm³ de agua se extraen de los acuíferos del estado, que tienen una recarga anual de aproximadamente 2,800 hm³, de ahí el déficit de poco más de 1,000 hm³ (Flores *et al.,* 2020). Este déficit provoca reducciones de 2 a 3 metros por año, lo que ha sido, desde hace tiempo, causa de

efectos económicos negativos directos en la producción agrícola (Caldera *et al.,* 2020). El riego restringido, aplicando una cantidad menor de agua de riego a la requerida, se ha reconocido como una técnica viable para el ahorro de agua en futuros escenarios de escasez hídrica (Zhao *et al.,* 2019). En México la producción de trigo a tomado relevancia en los últimos años debido al incremento poblacional el cual aumentó la demanda en su consumo y por lo cual se busca implementar estrategias que mejoren la producción y logren un mayor rendimiento, desafortunadamente los costos de producción elevados, las variedades poco resistentes, los factores bióticos y abióticos, la disponibilidad del agua de riego, deficiencias nutrimentales del cultivo entre otros; resultan problemas importantes para la producción de trigo reduciendo considerablemente los rendimientos de trigo. El objetivo de este trabajo fue evaluar características agronómicas y rendimiento de 11 variedades de trigo (*Triticum spp* L.) bajo seis ambientes (fechas de siembra y calendarios de riego).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante los ciclos de Otoño – Invierno (IO) los ciclos de OI 16-17, 17-18, 18-19, 19-20, 20-21, 21-22 y 22-23. Se evaluaron 11 variedades de trigo (*Triticum spp* L.). Los ambientes fueron en tres fechas de siembra, y tres calendarios de riego que fueron de dos riegos (0-55 días), tres calendarios (0-45 y 75 días), cuatro riegos (0-45-75 y 100 días), la fecha de siembra del 15 de noviembre (FSA), la fecha de siembra de 15 de diciembre (FSB) y la fecha de siembra del 15 de enero (FSC), en las fechas de siembra fue un calendario de cinco riegos programados desde los 0, 35, 65, 85, 105 días.

Los experimentos fueron establecidos bajo el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por ambiente. La siembra se hizo a una densidad de 120 kg ha^{-1}. La parcela experimental y útil, fueron dos surcos 3 m de largo sembrados a doble hilera, separados a 75 cm lo que es 4.5 m^2. La dosis de fertilización 240-60-00, la mitad de nitrógeno y todo el P_2O_5 a la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio Las fuentes empleadas fueron sulfato de amonio con 20.5% de N, y para fósforo microesentials. Las malezas de hoja angosta se controlaron con Topik 24EC® a los 28 dias del riego de siembra y las de hoja ancha con Estarane a los 22 dias y Esteron 47® a los 34 dias. La cosecha se realizó con una cosechadora adaptada para parcelas experimentales, cuando el grano alcanzó un contenido de humedad entre 12 y 14%.

Las variedades de estudio fueron: Cortazar S94, Urbina S2007, Maya S2007, Bárcenas S2002, Ibis M2016, Alondra F2014, Faisán S2016, Salamanca S75, Luminaria F2012, Cisne F2016 y Elia M2016.
Las variables evaluadas durante el desarrollo del cultivo fueron:

Altura de planta (AP): se midió en centímetros desde el cuello de la base de la planta, hasta la espiguilla terminal.

Días a espigamiento (DE): se cuantifico en días, a partir del riego de siembra y hasta que el 50% de las plantas de cada parcela experimental tuvieron las espigas expuestas.

Días a madurez fisiológica (DM): días transcurridos del riego de siembra al momento en que el 50% de espigas y pedúnculos de las plantas presentaron un color dorado.

Rendimiento (RG): en gramos por parcela y se transformaron a kg ha^{-1}.

Los datos fueron sometidos a ANOVA utilizando el procedimiento GLM del sistema SAS®. Se evaluaron los efectos principales y sus interacciones para los factores ciclo, ambiente, genotipo y repetición. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey (HSD, $\alpha = 0.05$). Se hizo énfasis en la interacción GxE, sobre el rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observa que en las variables de días a espigamiento, días a madurez, altura de planta y rendimiento se mostraron diferencias altamente significativas en los factores, ciclos, ambientes, genotipos, ambiente por genotipo, ciclo por genotipo, ambiente por genotipo. En la interacción de ciclo por ambiente y genotipo se mostraron diferencias altamente significativas en días a espigamiento, y rendimiento, y significativas en altura de planta.

Cuadro 1. Cuadrado medios de los análisis de varianza de las variables de estudios de seis ambientes.

FV	GL	CM DE	CM DM	CM AP	CM RG
CICLO	6	2457.36 **	2982.32 **	2251.22 **	151287782 **
AMB	5	5819.75 **	18027.56 **	4989.76 **	192075530 **
GEN	10	420.78 **	103.09 **	2377.52 **	20915237 **
REP	2	53.18	242.51	118.29	3446849
CICLO*AMB	30	280.53 **	1183.36 **	471.09 **	12852278 **
CICLO*GEN	60	13.72 **	12.95 **	37.91 **	836182 **
AMB*GEN	50	6.43 **	4.74 **	26.85 **	1437421 **
CICLO*AMB*GEN	300	3.88 **	3.23	16.51 *	461903 **
Error	922	2	2.9	14.12	271638
Total	1385				
CV		1.96	1.37	4.43	9.51
Media		73.76	124.17	84.87	5477.74

FV = fuente de variación; GL= grados libertad; GEN = genotipos; REP = repeticiones; DE = días a espigamiento; AP= altura de planta; DM = días a madurez; RG = rendimiento en kg ha^{-1}; C.V. = coeficiente de variación; *= diferencias significativas: **= diferencias altamente significativas.

En la prueba de comparación de medias de la evaluación del cultivo de trigo a través de siete ciclos se muestra en el Cuadro 2, donde variable DE y AP en el ciclo R17-18 denota que afecto de forma positiva en el rendimiento, esto puede deberse que en dicho ciclo el clima se presentó en temperaturas más óptimas para el desarrollo del cultivo de trigo, por otro lado, en el ciclo R21-22 se muestra un bajo rendimiento, esto expresa un efecto respecto al clima ya que la temperatura fue mayor y por lo tanto el desarrollo del cultivo se vio afectado.

Cuadro 2. Comparaciones de medias de los ciclos.

CICLOS	DE	DM	AP	RG
R16.17	71.98 d	124.01 e	80.90 e	5861 c
R17.18	77.10 a	125.01 d	90.72 a	6759 a
R18-19	76.68 a	127.44 b	82.44 d	5340 d
R19-20	74.20 c	128.13 a	85.73 c	5237 d
R20-21	74.70 b	125.68 c	87.52 b	6163 b
R21-22	66.74 e	116.58 g	83.40 d	4880 e
R22.23	74.87 b	122.32 f	83.33 d	4102 f
DHS	0.42	0.5	1.11	154.78

DE = días a espigamiento; AP= altura de planta; DM = días a madurez; RG = rendimiento en kg ha^{-1}; DSH=diferencia significativa honesta.

En la prueba de comparación de medias de la evaluación del cultivo de trigo a través de los ambientes muestra se muestra en el cuadro número 3, donde las variables DE, DM Y AP fueron mayores en la FSA, pero el rendimiento que obtuvo no fue el mayor, por otro lado, la FSE obtuvo un menor resultado en DE, el EUA2R en DM y FSB en AP. La FSB dio como resultado ser el ambiente con mejor rendimiento en kg ha^{-1}, mientras que EUA4R presento un resultado menor en rendimiento.

Cuadro 3. Comparaciones de medias de los ambientes.

FS	DE	DM	AP	RG
FSA	79.45 a	135.99 a	90.75 a	5868 b
FSB	75.69 b	126.19 c	86.86 b	6402 a
FSC	64.41 e	110.55 f	77.55 d	4694 d
EUA2R	73.35 d	120.49 e	81.45 c	4097 e
EUA3R	74.95 c	121.32 d	86.58 b	5534 c
EUA4R	74.66 c	130.45 b	86 b	6268 a
DHS	0.38	0.45	0.99	138.49

FS= Fechas de siembra y numero de riegos; DE = días a espigamiento; AP= altura de planta; DM = días a madurez; RG = rendimiento en kg ha^{-1}; DSH=diferencia significativa honesta.

La prueba de comparación de medias de la evaluación del cultivo de trigo a través de los ambientes se muestra en el cuadro número 4, donde Urbina S2007 presento un mayor resultado en DE, Elia M2016 en DM y Alondra F2014 en AP, mientras que Maya S2007 y Luminaria F2012 presentaron los menores resultados respectivamente. En cuanto a rendimiento de grano Cisne F2016 presento los mejores resultados en kg ha^{-1} por otro lado la variedad Luminaria F2012 fue la menor de todas.

Cuadro 4. Comparaciones de medias de las variedades.

Variedad	DE	DM	AP	RG
(1) Cortazar S94	71.5 f	123.17 e	80.27e	5418 de
(2) Urbina S2007	75.7 a	124.1 cd	88.51 abc	5330 ef
(5) Maya S2007	71.3 f	123.98 cd	82.19 d	5137 fg
(7) Barcenas S2002	73.6 c	124.6 bc	81.16 de	5540 cde
(8) Ibis M2016	75.5 a	124.8 ab	87.7 bc	5804 ab
(11) Alondra F2014	74.3 b	123.81 de	89.57 a	5616 bcd
(15) Faisan S2016	74.3 b	124.98 ab	88.73 ab	5882 bc
(16) Salamanca S75	75.8 a	125.14 b	81.51 de	5060 g
(24) Luminaria F2012	71.3 f	122.43 f	77.58 f	4676 h
(25) Cisne F2016	72.2 e	123.49 de	89.26 ab	6001 a
(34) Elia M2016	75.3 a	125.33 a	86.99 c	5984 a
DHS	0.58	0.69	1.52	211.88

DE = días a espigamiento; AP= altura de planta; DM = días a madurez; RG = rendimiento en kg ha^{-1}; DSH=diferencia significativa honesta.

El análisis de varianza mostró un efecto del ambiente altamente significativo ($p<0.01$) con un 65.6 % de la variación de la suma de cuadrados del total (SCT) (Cuadro 5). El factor ambiente fue altamente significativo ($p<0.01$) registrando 77.4% de la SCT. La interacción genotipo-ambiente fue altamente significativa ($p<0.01$), obteniendo 5.8% de la SC. Los genotipos fueron altamente significativos ($p<0.01$), obteniendo 16.8% de la SCT. El modelo AMMI mostró los CP no presentaron diferencias altamente significativas ($p<0.01$).

En investigaciones previas se observaron diferencias significativas ($p<0.01$) entre ambientes, genotipos, en la IGA y en la CP1; la contribución de esta última a la IGA varió de 54 a 63%; por lo que los autores concluyeron que esta metodología fue eficiente para explicar los efectos aditivos y no aditivos asociados a la estructura de tratamientos representados en el biplot, cuando asignaron al rendimiento al eje X y a la CP1 al eje Y (Crossa, 1990).

Cuadro 5. Análisis de varianza de la interacción genotipo por ambiente

FV	GL	SC	%SC
AMB	5	960377652 **	77.4
GEN	10	209152370 **	16.8
AMB*GEN	50	71871080 **	5.8
CP1	14	6733156	65.6
CP2	12	1858450	18.1
CP3	10	1149982	11.2
CP4	8	367313	3.6
CP5	6	158396	1.5
CP6	4	0	0
Residuales	1320	1739380863	0

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; %SC = porcentaje de la suma de cuadrados; AMB = ambientes; GEN = genotipos; CP = componente principal.

La interpretación de los resultados del análisis AMMI se facilitó con la representación gráfica (gráfico biplot), en el mismo espacio de genotipos evaluados y ambientes. En el eje de las abscisas (X) de la figura se lee el rendimiento de grano de los genotipos y ambientes. La línea perpendicular a este eje indica el rendimiento medio. Así, a la izquierda del eje de las X's se grafican las entradas con menor rendimiento y a la derecha se localizan los genotipos y ambientes de mayor rendimiento. De acuerdo a esta información los genotipos Cisne F2016 (25) y Elia M2016 (34) obtuvieron el mayor rendimiento seguido por y por la variedad Ibis M2016 (8); en cambio, la línea expresó los rendimientos más bajos Luminaria F2012 (24). La estabilidad fenotípica del rendimiento ha tenido varias interpretaciones, siendo dos de ellas la biológica y la agronómica. La biológica hace referencia cuando el genotipo presenta una mínima variación a través de los ambientes, denotando así un rendimiento constante en cualquier condición de la producción. La agronómica hace referencia cuando existe una mínima interacción genotipo x ambiente, está asociado a la pretensión de obtener un incremento del rendimiento en respuestas para su evaluación, con una amplia variedad de condiciones para la obtención de genotipos estables (Rodríguez *et al.,* 2011). La FSA fue la que obtuvo el mayor rendimiento al igual que la FSB, mientras que la FSC registró el menor rendimiento.

Los genotipos con valores del CP1 >0, responden positivamente (se adaptan bien) a ambientes que tienen valores del CP1 >0 (esto es, su interacción es positiva), pero responden negativamente a ambientes que tienen valores del CP1 <0. Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores del CP1 <0 (Samonte *et al.,* 2005). Por otro lado, los genotipos más estables, con valores de CP1 bajos o cercanos a cero, fueron las variedades Cortazar S94 (1), Urbina S2007 (2), Faisán S2016 (15) y Bárcenas S2002 (7) destacando Faisán

S2016 ya que su rendimiento fue el más alto de todas las variedades con mayor estabilidad, lo que indica que es un material que rinde bien en todos los ambientes. La variedad Luminaria F2012 (24) junto con los EUA2R Y EUA3R fueron los que más aportaron al primer eje de la interacción, siendo más inestables.

Con relación a los ambientes, *Yan et al.* (2000) señala que aquellos que exhiben entre ellos un ángulo menor a los 90º tienen la cualidad de clasificar a los genotipos de una manera semejante, caso que se presentó entre la FSA y FSB por lo que en un momento determinado se puede eliminar uno de ellos sin perder precisión en los resultados, contribuyendo a una disminución de costos y esfuerzos en la recolección de la información; sin embargo, los que forman un ángulo cercano a 90º no guardan relación en la forma de ordenar los genotipos (EUA3R y EUA4R), mientras los que tienen un ángulo cercano a los 180º tienden a ordenar de manera inversa los genotipos, dificultando la selección por ser tan contrastantes, caso que se observa en los ambientes de la FSC Y FSB, así como EUA2R y EUA4R. Por la longitud de los vectores los ambientes que mejor discriminaron a los genotipos en la evaluación fueron EUA2R y FSB, esto de acuerdo con Kempton (1984).

En la figura se puede también observar que se tienen mayores rendimientos con un calendario de tres riegos sembrado en fechas optimas que siembras en fechas tardías con un calendario de cinco riegos.

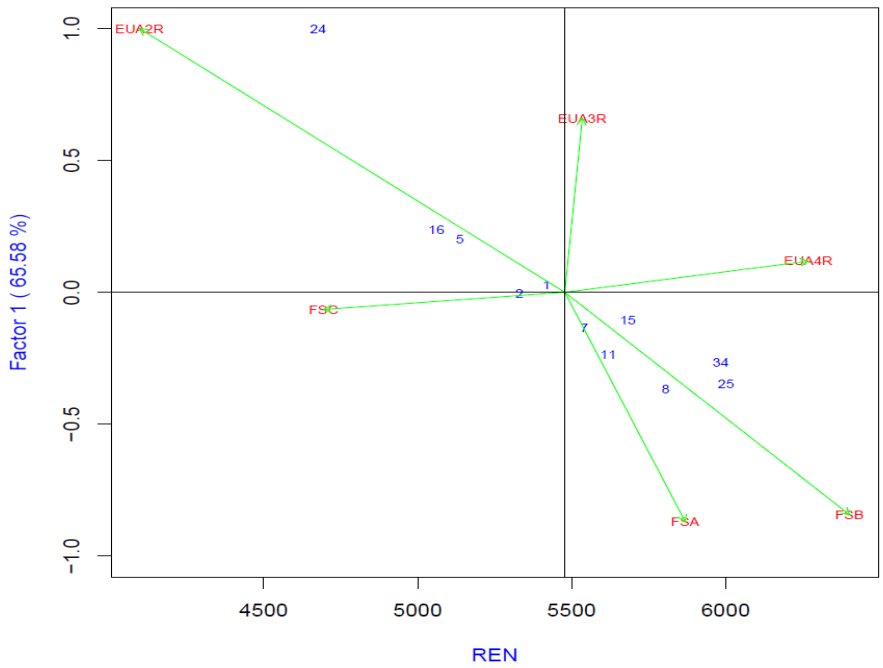

Figura 1. Biplot de rendimiento de grano de 11 genotipos evaluados en diferentes ambientes.

CONCLUSIONES

Los genotipos Cisne F2016 (25) y Elia M2016 (34) obtuvieron el mejor rendimiento de las 11 variedades respectivamente. Cisne F2016 mantuvo resultados mayores en cuanto a las demás variables analizadas en comparación de Elia M2016. La Variedad Faisán S2016 obtuvo los mayores rendimientos de todas las variedades que presentaron mayor estabilidad en los ambientes de evaluación. Es notable que las nuevas variedades mantienen un rendimiento superior que materiales anteriores a estas. De acuerdo con la interacción genotipo ambiente la FSB y EUA4R obtuvieron el mejor rendimiento entre ambientes, mientras que EUA2R tuvo un registro de un rendimiento inferior de todos los ambientes. La FSA fue igual o superior a la media y también la más inestable. Los ambientes que mejor discriminaron a los genotipos en la evaluación fueron la FSB y EUAR4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caldera OAR; Tagle ZD; Mazabel DG (2020). Guanajuato: crónica del cambio institucional en su gestión del agua. In Caldera OAR, Tagle ZD. (compls.), Agua en El Bajío guanajuatense. Universidad de Guanajuato: Guanajuato, México. 33–64.

Crossa J (1990). Statiscal analysis of multilocation trials. Adv. Agron. *44*:55-85

Estrada-Santana DC; Martínez-Gallardo JC; Iglesias-González LD; Paz-Arauz ED (2014). Caracterización agronómica y económica del Trigo (*Triticum aestivum*) variedad Jupateco, en la comunidad La Colmena, Jinotega, Nicaragua. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/303312567_Caracterizacion_agronomica_y_economica_del_Trigo_Triticum_aestivum_variedad_Jupateco_en_la_comunidad_La_Colmena_Jinotega_Nicaragua

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (2021). El Trigo. Panorama Agroalimentario Dirección de investigación y Evaluación Económica y sectorial. https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=90263

Flores CH; Delgado-Galván X; Mora RJ (2020). Aspectos prioritarios en la gestión de los acuíferos en el Bajío de Guanajuato. In Caldera OAR, Tagle ZD. (compls.), Agua en El Bajío guanajuatense. Primera edición. Universidad de Guanajuato: Guanajuato, México. 85–105. https://www.researchgate.net/publication/348339191_Agua_ en_ el_bajio_ guanajuatense

Kempton RA (1984). The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *Journal of Agricultural Sciences* 103 123-135.

Noriega- Carmona MA; Cervantes-Ortiz F; Solís-Moya E; Andrio-Enríquez E; Rangel-Lucio A; Rodríguez-Pérez G; Mendoza-Elos M; García-Rodríguez JG (2019). Efecto de la Fecha de Siembra sobre la Calidad de Semilla de Trigo en el Bajío, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 42(4) chrome-extension://efa idnbmnnnbpcajp cglclefinmk aj/https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n4/0 187-7380-rfm-42-04-00375.pdf

Rodríguez-González RE; Ponce-Medina JF; Rueda-Puente EO; Avendaño-Reyes L; Paz Hernández J J; Santillano-Cazares J; Cruz-Villegas M. Interacción genotipo-ambiente para la estabilidad de rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B.C., México *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14(2), 543-558.

Samonte SOPB; Wilson LT; McClung AM; Medley JC (2005). Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. Crop Sci. 45: 2414-2424.

Solís-Moya E; Hurta-Espino J; Pérez-Herrera P; Villaseñor-Mir HE; Ramírez-Ramírez A; Ledesma-Ramírez L (2018). 4179» ELIA M2016 Nueva variedad de trigo harinero de gluten medio fuerte para riego restringido para el Bajío. Biblioteca Digital del INIFAP. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content?/=4179

Yan WL; Hunt A; Sheng Q; Szlavnics Z (2000). Cultivars evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. Crop Sci. 40:597-605.

Zhao J; Xue Q; Hao B; Marek TH; Jessup KE; Xu W; Colaizzi PD (2019). Yield determination of maize hybrids under limited irrigation. Journal of Crop Improvement 33 (3): 410–427. https://doi.org/10.1080/15427528.2019.1606129