

Comportamiento de genotipos criollos y mejorados de trigo harinero para producción de forraje y grano con y sin restricción de humedad

Behavior of landraced and improved genotypes of wheat for forage and grain production with and without humidity restriction

Víctor Manuel Zamora Villa ¹, Alejandro Javier Lozano del Río¹, Modesto Colín Rico,¹ Blanca Elizabeth Zamora Martínez².

Resumen

En nuestro país la superficie de trigo bajo temporal es del orden de las 225,000 ha, con una producción promedio de 2.0 ton ha⁻¹. Considerando el déficit en la producción y que no se prevee un incremento en las áreas de riego dedicadas a este cereal, la opción más viable es el cultivo bajo temporal. Con el objetivo de estudiar la respuesta al déficit de humedad durante el ciclo de cultivo se evaluaron materiales primaverales, facultativos y criollos para producción de forraje y grano. Los resultados mostraron que los criollos fueron mas afectados por el déficit de humedad en la altura, producción de forraje seco y número de tallos por metro lineal. Los facultativos se vieron afectados principalmente en el rendimiento de grano. Los primaverales obtuvieron los mas altos rendimientos de grano y forraje seco. Posiblemente los primaverales escaparon al déficit de humedad.

Palabras Claves: Trigo, Déficit de Humedad, Forraje, Grano.

Abstract

In our country wheat under rainfall condition hold 225,000 ha with mean yield of 2.0 ton ha⁻¹. Considering production deficit and no increasing trend in surface for wheat cultivation, most viable option focused in rainfall production. In order to evaluate this work, the response of landraces, spring and facultative wheat types to humidity restriction during cycle for forage and grain production was done. Results indicate landraces were the most affected by humidity deficit in plant height, dry matter production and stem number per meter. Facultative types were more affected in grain yield. Spring types showed the highest dry matter and grain yields. Probably spring types escape to conditions imposed by humidity restriction.

Key Words: Wheat, Humidity Restriction, Forage, Grain.

Introducción

En nuestro país, el trigo de temporal ha ocupado alrededor de 225,000 hectáreas en los últimos años, con una producción promedio de 2.0 ton ha⁻¹ (SAGAR, 1997), sin embargo, se puede cultivar el trigo en poco más de un millón de hectáreas en los 16 estados del país, en donde las condiciones de precipitación y temperatura no son favorables para los cultivos que actualmente se siembran, como maíz y frijol (Villaseñor y Espitia, 1994).

Considerando que el déficit de trigo en México es del orden de 1.35 millones de toneladas y que no se prevee un incremento en la superficie bajo riego, la opción lógica se enfoca a incrementar superficie y rendimientos bajo temporal (Pingali, 1999).

En el área de influencia inmediata de nuestra Universidad -zonas semiáridas-, se desarrolla agricultura de secano para la alimentación humana y animal. Dadas las características de precipitación errática y escasa, el empleo de materiales criollos es una de las alternativas para tratar de asegurar la producción de grano, y si la precipitación es muy escasa al menos disponer de algo de forraje, caso típico en los cultivos de maíz y trigo.

En trigo, uno de los materiales criollos más utilizados en la región, es Pelón Colorado, preferido por su alta tolerancia al estrés hídrico, buena producción de biomasa, ciclo tardío, porte alto, espiga sin aristas de alta resistencia al desgrane y grano de adecuada calidad para la elaboración de tortillas. Candeal, es otro de los criollos utilizados aunque en menor escala, de características similares a Pelón Colorado pero con aristas. Sin embargo, los ideotipos para temporal parecen estar encaminados a materiales precoces, de porte intermedio y adecuada producción de grano (Villaseñor y Espitia, 2000), contrastando grandemente con las características de los criollos regionales utilizados en temporal y adicionalmente la información sobre producción de forraje en temporal, es escasa o nula.

Estudios específicos de las características forrajeras y métodos de mejoramiento con dicha finalidad solo existen para los pastos y son mínimos en el caso de los cereales como el trigo, cuyos esfuerzos de mejoramiento genético se han orientado a la producción de grano, por lo que la información generada se restringe a los hábitos de crecimiento y requerimientos de fotoperíodo y vernalización, englobados en los tres grandes tipos: primaveral, facultativo e invernal (Hanson et al., 1985), con reportes ocasionales de su utilización como forrajeros, restringiéndose la información a la biomasa producida en las regiones de riego y altamente tecnificados (Núñez et al., 1997) y generalización de algunos aspectos de calidad.

Uno de los objetivos de el presente trabajo fue comparar materiales criollos y mejorados de diferente hábito de crecimiento en su producción de biomasa y grano con y sin restricción de humedad, con el fin de identificar genotipos sobresalientes de trigo harinero para su uso en futuros esquemas de mejoramiento.

Metodología Experimental

Los materiales criollos provienen de una colecta realizada en forma conjunta con el CIMMYT, los cuales fueron depurados y seleccionados por su comportamiento agronómico y tolerancia a enfermedades. Los materiales mejorados se obtuvieron a partir de cruzamientos e introducciones, seleccionandose familias segregantes, las cuales se avanzaron generacionalmente hasta F7 mediante el método masal modificado, en la F8 se derivaron líneas uniformes, los materiales facultativos se recibieron del CIMMYT como líneas avanzadas.

Ocho materiales criollos (incluyendo a los testigos Pelón Colorado y Candeal), más 12 materiales mejorados: 7 imberbes de ciclo precoz, 1 barbado de ciclo semi-tardío y 4 facultativos barbados conformaron el material genético utilizado (Cuadro 1). Para la evaluación se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, sembrándose en seco y a chorrillo a una densidad de 120 kg ha⁻¹. El experimento se sembró dos veces en Buenavista, Saltillo, Coah., el 13 de Enero del presente, a uno de ellos se le aplicó riego durante todo el ciclo (sin restricción de humedad) y al otro se restringió la lámina y aplicación de riegos a partir del inicio de espigamiento de los materiales más precoces (90 días después de la siembra).

La parcela experimental consistió de 4 surcos separados a 30 cm y una longitud de 3 m. La parcela útil para determinación de rendimiento de grano (RENDTO), constó de los 2 surcos centrales, obteniéndose un área de 3.6 m². Durante el ciclo se contabilizó el hábito de crecimiento inicial (HCI, donde 1= erecto, 2= semipostrado y 3= postrado), número de tallos por metro lineal (NOTA), altura de planta en cm (ALT), porcentaje de cobertura (COB), etapa fenológica al momento de la supresión de riegos (EZ90) y forraje seco producido (FST), en bodega se contabilizó la longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (NEE) y número de granos por espiga (NGE). Para cuantificar la producción de forraje seco, las plantas se cortaron manualmente con rozadera a una altura de 3 a 5 cm sobre la superficie del suelo, pesándose y obteniéndose una muestra de 500 g para secarse en estufa de aire forzado y estimar la proporción de materia seca (forraje seco), transformándose posteriormente a toneladas por hectárea.

Se realizaron los análisis de varianza de las variables de interés bajo el diseño utilizado y las correspondientes pruebas de medias (Steel y Torrie, 1989). Para una mejor interpretación de los datos, así como analizar la estructura de la covarianza y agrupar genotipos similares, se analizaron las variables en forma conjunta mediante componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados (AC), los grupos conformados se compararon mediante la T² de Hotteling de acuerdo a la metodología descrita por Johnson y Wichern (1988).

Resultados Y Discusión

Los análisis de varianza individuales para cada ensayo mostraron diferencias ($p < 0.001$) entre los genotipos utilizados y al analizar la información de las variables considerando ambos ensayos o ambientes, no se encontraron diferencias entre los ambientes para las variables : FST, HCI, COB Y NGE, en tanto las variables EZ90, NOTA RENDTO, LE Y NEE mostraron diferencias altamente significativas, mientras que en ALT fueron significativas (Cuadro 2). Entre los genotipos, invariablemente el ANVA mostró alta significancia, mientras que en la interacción genotipos por ambiente no encontró significancia. La ausencia de interacción implica que los efectos de los genotipos y ambientes fueron de tipo aditivo, así la restricción de humedad impuso condiciones uniformes a los genotipos y estos manifestaron una respuesta similar a dichas condiciones.

Cuadro 1.- Material genético utilizado, tipo y ciclo vegetativo.

Genotipo y clave	Tipo de material	Ciclo
1 AN-244-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
2 AN-257-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
3 AN-262-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
4 AN-273-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
5 AN-287-99	Facultativo-Barbado	Semi-tardío
6 AN-288-99	Facultativo-Barbado	Tardío
7 AN-294-99	Facultativo-Barbado	Tardío
8 AN-295-99	Facultativo-Barbado	Semi-tardío
9 AN-369-92	Criollo-Imberbe	Tardío
10 AN-368-92	Criollo-Imberbe	Tardío
11 AN-355-92	Criollo-Imberbe	Tardío
12 AN-346-92	Criollo-Imberbe	Tardío
13 AN-356-92	Criollo-Imberbe	Tardío
14 AN-351-92	Criollo-Imberbe	Tardío
15 AN-112-83	Mejorado-Barbado	Semi-tardío
16 AN-234-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
17 AN-238-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
18 AN-241-99	Mejorado-Imberbe	Precoz
19 Pelón Colorado	Criollo-Imberbe	Tardío
20 Candeal	Criollo-Barbado	Tardío

La restricción de humedad provocó la disminución de FST de 15.81 a 14.36 ton ha⁻¹ retrasó el hábito de crecimiento (de 1.7 a 1.8) y la etapa fenológica (de 47.4 a 45.8), aumentó la cobertura de los materiales (de 80 a 82%), disminuyó el número de tallos (de 238.4 a 201.5 tallos por metro lineal), la altura de planta (103.2 a 94.9 cm), la longitud de espiga de 10.1 a 9.5 cm, el número de espiguillas y granos por espiga de 18.7 a 17.7 y 43.9 a 43.1, respectivamente, lo cual se reflejó en el rendimiento de grano, afectado en casi una tonelada por la restricción de humedad (de 3.6 a 2.7 ton ha⁻¹), lo cual concuerda con lo reportado por Villaseñor y Espitia (2000), para los trigos producidos bajo temporal en nuestro país.

Sobresalieron en esta evaluación los genotipos 4, 17, 1, 9, 13, 16, 19, 12, 11 y 14 con producciones de forraje seco mayores de 15 ton ha⁻¹, y solamente el genotipo 7 mostró una producción de forraje seco inferior a las 10 ton ha⁻¹. En cuanto al rendimiento de grano, los genotipos 4, 1, 16, 2, 8, 5, 17 y 18 produjeron más de 3.5 ton ha⁻¹ a través de los dos ambientes de humedad (Figura 1), en tanto los genotipos 20, 14, 11, 19 y 7 produjeron menos de 2.5 ton ha⁻¹, que es la media estatal para condiciones de temporal, indicando que existen alternativas para usarse bajo restricción de humedad y/o para involucrarse en programas de mejoramiento como progenitores, dadas sus buenas características en la producción de grano y forraje.

Cuadro 2.- Cuadrados medios y significancia para las variables evaluadas.

FV	GL	FST	HCI	COB	EZ90	ALT	NOTA	RENDTO	LE	NEE	NGE
AMB	1	62.78ns	0.13ns	149.63ns	80.03**	2041.87*	40959.08**	26.84**	10.34**	26.13**	21.67ns
R/A	4	25.29	0.21	594.32	51.41	234.79	3391.75	0.47	7.40	8.37	113.17
GENO	19	36.63**	2.30**	981.41**	808.34**	1330.82**	23502.16**	3.73**	3.00**	13.12**	314.74**
G*A	19	8.85ns	0.08ns	38.05ns	8.63ns	86.17ns	1450.50ns	0.54ns	0.81ns	0.94ns	22.99ns
EE	76	8.48	0.09	75.97	8.64	53.43	1755.00	0.36	0.86	0.59	23.83
C.V.		19.3	17.7	10.7	6.3	7.4	19.04	19.0	9.5	4.21	9.1

Ns= No significativo, * y **= Significativo y altamente significativo, respectivamente.

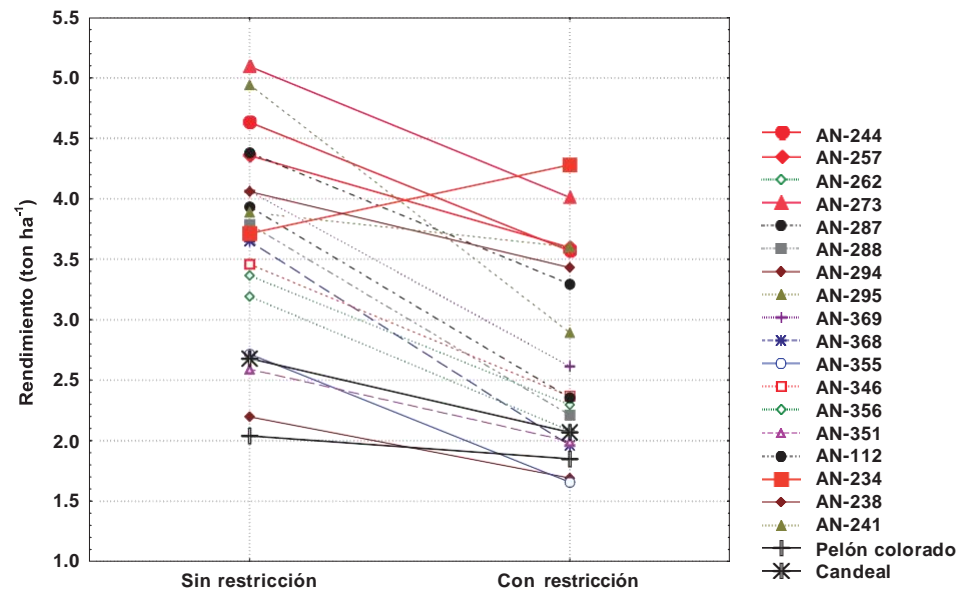


Figura 1. Rendimiento de grano de los materiales evaluados en ambiente con y sin restricción de humedad.

Los anteriores análisis brindaron información valiosa, sin embargo, limitaron la visión integradora de la información, limitándose a identificar los mejores materiales para las características estudiadas, razón por la cual se analizaron por métodos multivariados.

El análisis de componentes principales (ACP) explicó un 77.68% de la varianza total con los dos primeros componentes principales, identificando una relación positiva entre las variables etapa fenológica (EZ90), número de granos por espiga (NGE) y el rendimiento de grano (RENDTO), manteniendo una relación del mismo signo con el primer componente principal (Factor 1), mientras que las variables cobertura (COB) y número de tallos por metro lineal (NOTA) mostraron signo negativo (Figura 2), en tanto para el segundo componente (Factor 2), se encontró una relación negativa entre el hábito de crecimiento inicial (HCI) y el número de espiguillas por espiga (NEE) y positiva con el forraje seco total (FST), tal como se aprecia en la mencionada figura, a la cual se adicionaron líneas que cruzan el punto cero de cada componente.

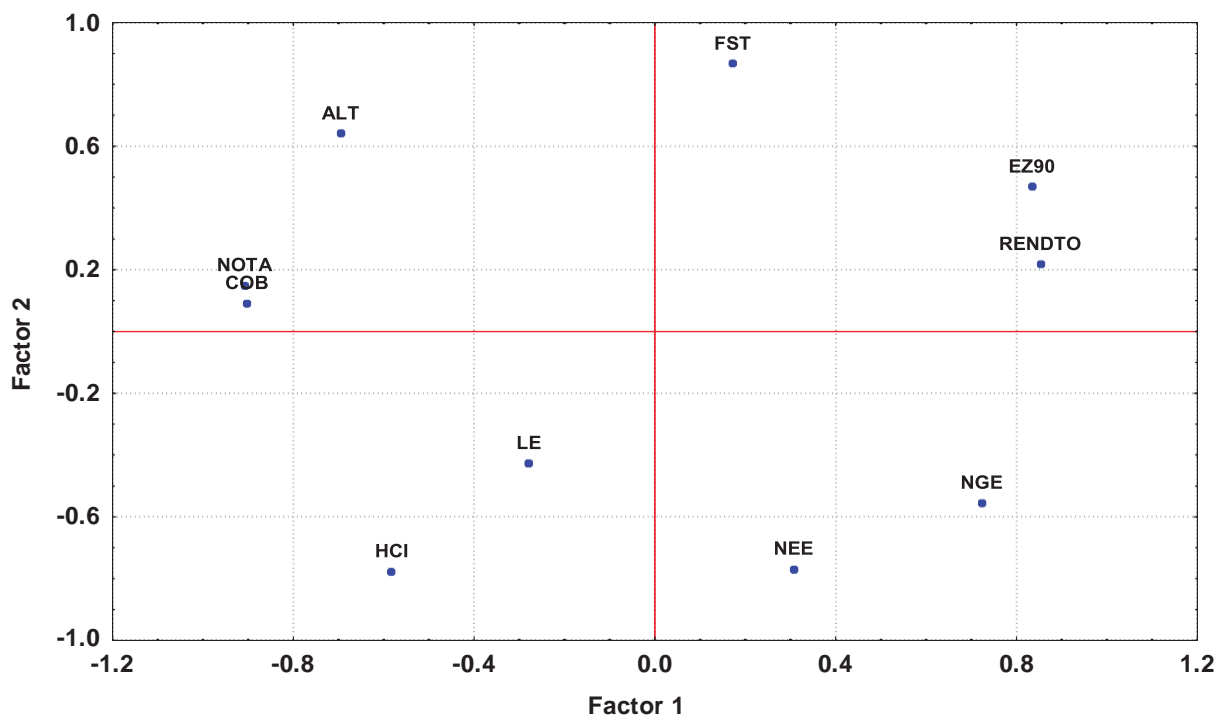


Figura 2.- Relación entre variables en el plano de los dos primeros componentes principales (Factores).

Lo anterior puede interpretarse como un componente morfológico y fisiológico, de tal forma que materiales que aparezcan del lado derecho de la grafica son los materiales de mayor rendimiento de grano (RENDTO), precocidad (EZ90) y número de granos por espiga (NGE), en tanto del lado izquierdo aparecerán los genotipos con mayor altura (ALT) y cobertura (COB), número de tallos (NOTA) y hábito de crecimiento postrado (HCI). El segundo componente al separar los genotipos con mayor producción de forraje seco (FST), agrupó en el cuadrante superior derecho a los genotipos que

posiblemente puedan explotarse en el esquema de doble propósito dado que son buenos productores de forraje y grano, esto puede visualizarse en la Figura 3, en la cual se proyectan los genotipos utilizados en el estudio. Así los materiales mejorados imberbes de hábito primaveral (PI) pudieran utilizarse para el doble propósito, en tanto los materiales criollos (C), son caracterizados principalmente por su mayor cobertura, número de tallos y altura de planta, aunque no necesariamente por ello son los mejores productores de forraje, razón por la cual se ubican en el cuadrante superior izquierdo. Los materiales facultativos por su parte, parecen no tener potencial ni para grano ni para forraje, pero poseen buenas características de la espiga (LE, NGE y NEE), por lo que pudieran utilizarse como progenitores para mejorar dichas características. El genotipo AN-112-83 se ubica como un material intermedio entre los primaverales imberbes y los criollos.

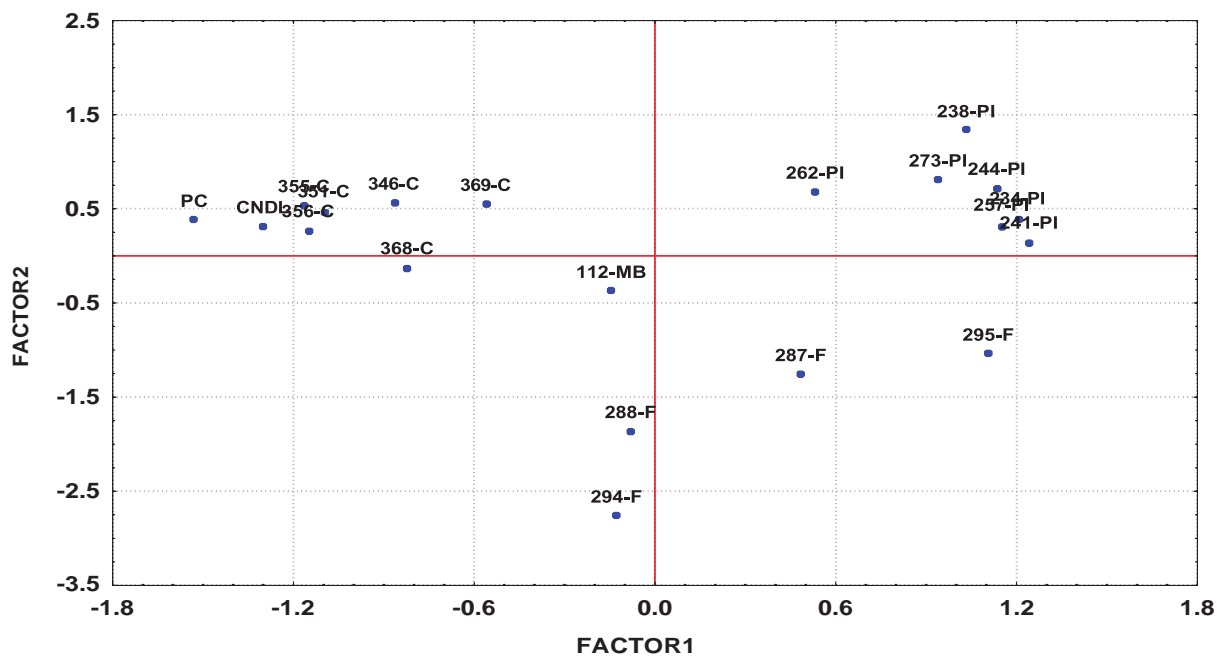


Figura 3.- Genotipos en el plano de los dos primeros componentes principales (Factores).

El análisis de componentes principales reafirmó las diferencias entre los grupos de materiales criollos, facultativos y primaverales imberbes (PI) y para confirmar si en realidad existen diferencias significativas entre los grupos mencionados, se procedió a realizar el análisis de conglomerados (AC), reteniendo tres grupos, los cuales se compararon mediante la T^2 de Hotteling. Aún y cuando existió evidencia suficiente para generar hasta 4 grupos, se retuvieron solamente los primeros tres, dado que Hanson et al., (1985), señalan que solamente se agrupan a los trigos en primaverales, invernales y facultativos. Esto se realizó en cada ambiente para tratar de visualizar que grupo es más afectado por la restricción de humedad.

Así, en el ensayo sin restricción de humedad el grupo uno estuvo conformado por los genotipos 1, 2, 3, 4, 16,17, y 18 de tipo primaveral e imberbes, fue el grupo de más alto rendimiento de grano y forraje seco, mayor precocidad y hábito inicial erecto, con un número bajo de tallos por metro lineal y cobertura (Cuadro 3), espiga chica con NGE y NEE intermedio. Por su parte el grupo 2 integrado por los genotipos 9, 10, 11, 12, 13, 14 y el 19 y 20 (testigos), se caracteriza por poseer el mayor número de tallos (alto amacollamiento), característica deseable para los pastoreos o cortes múltiples (Scott y Hines, 1991), mayor altura y cobertura, y una producción intermedia de forraje seco, hábito de crecimiento semi-postrado, menor etapa fenológica y bajo rendimiento de grano, longitud de espiga intermedia y bajo NGE y NEE. Finalmente el grupo 3 integrado por los genotipos 5, 6, 7 y 8, a los cuales se adicionó el AN-112-83, fue el de menor rendimiento de forraje seco, y altura, de hábito de crecimiento postrado, rendimiento de grano superior a los criollos, de cobertura y etapa fenológica intermedia entre los grupos 1 y 2, pero de mayor LE, NGE y NEE. Aunque de momento se desconoce la calidad forrajera de los materiales de los tres grupos, cabe señalar que en etapas anteriores al espigamiento, se ha reportado que los cereales de grano pequeño proporcionan forraje de alta calidad (Núñez et al., 1997), con una tendencia a declinar después de dicha etapa.

La prueba de Hotteling declaró diferentes a los grupos 1 y 2 ($T^2= 2072.99^{**}$), grupos 2 y 3 ($T^2= 2901.35^{**}$), pero no reportó diferencias entre los grupos 1 y 3. concordando con la clasificación de Hanson et al., (1985).

Cuadro 3.- Valores medios de los grupos conformados para las características evaluadas en el ambiente sin restricción de humedad.

	GRUPO	GRUPO	GRUPO
VARIABLE	1	2	3
No. de Genotipos	7	8	5
FST (Ton/ha)	17.20	16.41	12.91
HCI	1.05	1.83	2.40
COB (%)	68.57	92.75	75.53
EZ90	61.95	39.00	40.47
ALT (cm)	94.52	121.67	85.67
NOTA	173.14	313.12	210.40
RENDTO	4.16	3.05	3.85
LE	8.86	9.71	10.03
NEE	17.67	16.83	19.27
NGE	44.67	35.92	52.33

Al realizar los agrupamientos en el ensayo con restricción de humedad, solo el grupo 1 conservó los mismos integrantes, en tanto los genotipos AN-112-83 y AN-288-99 se agruparon con los criollos al presentar alta semejanza con ellos, por lo que el grupo 3 (Facultativos) solamente contuvo 3 genotipos (Cuadro 4). Los genotipos primaverales (grupo 1) se manifestaron como los de más alto rendimiento de grano y forraje, mayor etapa fenológica y hábito de crecimiento erecto, con menor cobertura y número de

tallos por metro lineal que los demás grupos y valores intermedios en el resto de variables. Los materiales criollos (grupo 2) siguieron mostrando la mayor altura de planta, número de tallos y cobertura, alcanzando una mayor longitud de espiga. La producción de forraje se mantuvo intermedia, así como la etapa fenológica y menor rendimiento de grano y número de granos por espiga. Por su parte el grupo 3 (facultativos) conservaron el mayor NEE y NGE, la menor altura y hábito de crecimiento postrado. La prueba de Hotteling solo reportó diferencias entre el grupo 1 y 2 ($T^2=3511.99^{**}$), no encontrando o no computando significancia entre las demás comparaciones.

Cuadro 4.- Valores medios de los grupos conformados para las características evaluadas en el ambiente con restricción de humedad.

	GRUPO	GRUPO	GRUPO
VARIABLE	1	2	3
No. de Genotipos	7	10	3
FST (Ton/ha)	16.15	14.08	11.12
HCI	1.00	2.10	2.44
COB (%)	72.14	90.43	78.33
EZ90	60.24	37.07	41.00
ALT (cm)	93.09	102.67	73.33
NOTA	154.33	246.13	162.78
RENDTO	3.54	2.12	2.63
LE	9.82	10.26	10.08
NEE	18.33	18.33	20.56
NGE	47.52	37.67	56.44

Atendiendo a la información de los dos cuadros anteriores, la mayor reducción por restricción de humedad se dio en los materiales criollos en las variables FST, ALT y NOTA, en tanto la mayor reducción en el rendimiento de grano se presentó en los facultativos. Por su parte los materiales menos afectados en sus variables fueron los materiales primaverales imberbes, señalando que posiblemente existió un mecanismo de escape o evasión a los efectos de la restricción de humedad.

Conclusiones

De los grupos generados el grupo 1 es deseable para las explotaciones de doble propósito ya que presentaron buena producción de grano y forraje. Para las explotaciones donde se buscan dos cortes o pastoreos resultan más adecuados los genotipos del grupo 2, que posee como característica principal un alto número de tallos, la cual se asocia con un buen rebrote o recuperación después del corte o pastoreo, con porte alto y mayor cobertura que pudiera favorecer la competencia de las malezas, aunque en este estudio resultó el más afectado por la restricción de humedad. El grupo 3 aunque fue el de menor producción de forraje seco posee características interesantes que pudieran utilizarse para el mejoramiento genético de este cereal. Atendiendo solamente a la producción de forraje seco, los genotipos 4, 17 y 1 fueron los más sobresalientes, con la ventaja adicional de no presentar aristas. Al parecer el

mecanismo involucrado en la tolerancia a la restricción de humedad por los genotipos primaverales imberbes (grupo 1), fue la evasión o escape.

Literatura Citada

- Hanson H., Borlaug, N.E. and Anderson R.G. 1985. Trigo en el tercer mundo. El Batán, México. CIMMYT.
- Johnson, R.A. and Wichern, D. W. 1988. Applied multivariate statistical analysis. 2nd.
Ed. Englewood Cliffs, N.J. U.S.A.. Prentice Hall.
- Núñez, H.G., Contreras, F.E., Quiroga, M.H. y Faz, R.1997. Cultivos forrajeros de invierno. En: tercer ciclo de conferencias internacionales sobre nutrición y manejo. Grupo LALA, Gomez Palacio, Durango, México.
- Pingali, P.L. (ed).1999. CIMMyT 1998-99 world facts and trends. Global wheat research in a changing world: challenges and achievements. México, D.F. CIMMyT. 46p.
- SAGAR.1997. datos básicos del sistema nacional de información agropecuaria. 144 p.
- Scott, W.R. and Hines, S.E.1991. Effects of grazing on grain yield of winter barley and triticale: the position of the apical dome relative to the soil surface. New Zealand J. Agric. Res. 34: 177-184.
- Steel, R.G. and Torrie, J.1989. Bioestadística, principios y procedimientos. Segunda edición (primera en español). McGraw-Hill. México.
- Villaseñor, M.H.E. y E. Espitia R.1994. La producción de trigo y la investigación en México. In: Bauer, M., I. Chong, E. Moreno, J. Quintanilla y F. Torres (eds.). "Foro de consulta permanente. El agua y la energía en la cadena agropecuaria". México, D.F. UNAM. P.91-104.
- Villaseñor, M.H.E. y E. Espitia R. (eds). 2000. El trigo de temporal en México. Chapingo, Edo. de México. México, SAGAR, INIFAP, CIRCE. Campo Experimental del Valle de México, 315 p. (Libro Técnico No. 1).