Rev. Fitotec. Mex. 18: 151-162. 1995

DINAMICA Y EFICIENCIA TRANSPIRATORIA DE TRES GENOTIPOS DE TRIGO BAJO ESTRES HIDRICO

DYNAMIC AND TRANSPIRATORY EFFICIENCY OF THREE GENOTYPES OF WHEAT UNDER WATER STRESS

Matilde Cortazar Ríos, Abel Muñoz Orozco, José Luis Rodríguez Ontiveros[1] y Leonardo Hernández Aragón[2]

RESUMEN

Se estudió bajo condiciones de riego y sequía la transpiración, la eficiencia transpiratoria y su relación con otros caracteres morfológicos y fisiológicos en los cultivares de trigo Temporalera M87, 7 Cerros T66 y Yuyuza 3, este último del tipo venturero. La sequía se indujo en las etapas de inicio del primordio floral, inicio de floración e inicio de llenado del grano. La sequía redujo la conductancia estomatal, el área foliar, la materia seca total y la transpiración, y aumentó el número de hojas secas y la eficiencia transpiratoria; ésta se atribuye en parte a la reducción de la transpiración misma que estuvo asociada a reducciones de la materia seca y del área foliar desarrollada y a bajas conductancias estomatales, especialmente en Yuyuza 3. Temporalera y 7 Cerros ahorraron más agua en las etapas de inicio de floración e inicio del llenado de grano en tanto que Yuyuza 3 lo hizo en el inicio del primordio floral y el inicio de floración, cuyas respuestas se reflejaron en una mejor eficiencia transpiratoria en dichas etapas. La variedad mejorada Temporalera M87 presentó la mejor eficiencia transpiratoria.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Triticum aestivum L., eficiencia transpiratoria, sequía, etapas fenológicas.

SUMMARY

Transpiration, transpiratory efficiency and their relation with other morphological and physiological characters were studied under irrigated and drought conditions, in three wheat varieties: Temporalera M87, 7 Cerros T66 and Yuyuza 3, this one of venture type. Drought was induced at the begining of three stages: floral primordia, flowering and grain filling. The drought reduced the stomatal conductance, the foliar area, the total dry matter and the transpiration, and increased the number of dry leaves and the transpiratory efficiency; this one, was atributed in part to the reduction of the transpiration, which was associated to reductions of the dry matter and of the developed foliar area, and to low stomatal conductances, specially that of Yuyuza 3. Temporalera and 7 Cerros saved more water when water deficiency was induced at flowering and grain filling while Yuyuza 3 did it with water shortage at floral primordia and flowering stages. The water saving reflected transpiratory efficiency in such stages. The improved variety Temporalera M87 showed the better transpiratory efficiency.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Triticum aestivum L., transpiratory efficiency, drought, phenology stages.

INTRODUCCION

La disponibilidad de agua es cada vez más limitada, en las áreas de riego por su alto costo, en temporal por lo insuficiente e irregular distribución de la lluvia. Por consiguiente, es necesario generar variedades que administren de mejor manera el agua y tengan mayor eficiencia en su uso.

Los objetivos del presente trabajo fueron: conocer la forma como varía la transpiración y la eficiencia de la misma en tres genotipos de trigo sometidos a condiciones de

[1] Centro de Genética del Colegio de Postgraduados, CP 56230 Montecillo, Texcoco, México.

[2] Campo Agrícola Experimental "Zacatepec", Zacatepec, Morelos.

Fecha de recepción: 21 de febrero de 1994

estrés de agua en tres etapas de su desarrollo, bajo las siguientes hipótesis: 1) que el efecto de la sequía sobre la transpiración varía según las características morfológicas de los genotipos y la etapa en que se aplique y 2) que la eficiencia transpiratoria es mejor en los cultivares mejorados y puede cambiar de acuerdo a la etapa fenológica en que ocurra la sequía.

REVISION DE LITERATURA

El agua representa un papel esencial en los procesos metabólicos y fisiológicos, así como en el transporte de substancias y en el mantenimiento de la turgencia, una deficiencia limita el crecimiento y desarrollo de la planta (Arnon, 1972). Una planta sometida a un estrés de agua manifiesta diferentes fisiológicas como: disminución de la fotosíntesis, reducción de la transpiración, cierre estomatal y reducción del área foliar (Schussler y Westgate, 1988). La eficiencia del uso de agua varía dependiendo del tipo de planta, etapa fenológica en que se determine, ambiente al que se someta la planta y hora de medición, entre otros (Sánchez, 1990). Gummuluru *et al.*, 1989) encontaron una mayor eficiencia del uso de agua en genotipos de trigo duro tolerantes a sequía que en genotipos susceptibles tanto en condiciones de riego como en sequía. En relación a esto, Heitholt (1989) señala que la eficiencia del uso de agua es una característica fisiológica importante que está asociada con la capacidad del trigo para hacer frente al estrés de agua. El cierre de estomas reduce la transpiración (Boyer, 1976) y puede mejorar la eficiencia del uso de agua (Turner *et al.*, 1978).

MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en el Colegio de Postgraduados en condiciones de invernadero. Para el efecto se estableció un experimento factorial con los siguientes factores: tres genotipos, dos niveles de humedad y tres etapas fenológicas de incidencia de la sequía. Los genotipos fueron Temporalera M87, 7 Cerros T66 y Yuyuza 3. La primera y la segunda son variedades mejoradas de hábito de primavera, desarrolladas para cultivarse en áreas de temporal y riego, respectivamente. Los días a floración en Temporalera fluctúan de 50 a 85 y en 7 Cerros de 79 a 88; ambas variedades son de porte semienano (Villaseñor *et al.*, 1989). El genotipo Yuyuza 3 es una variedad criolla de la mixteca alta Oaxaqueña, del tipo de los trigos ventureros de planta grande; se siembra en septiembre y octubre y aun bajo condiciones de temporal, se sostiene con la humedad residual y con la de las lluvias invernales, su cosecha se realiza hasta abril debido a su ciclo tardío, sus días a floración fluctúan entre 145 y 155 días (Legaria y Muñoz, 1992). Los niveles de humedad fueron: riego y sequía. El riego consistió en suministros de agua frecuentes para mantener la humedad del suelo por arriba del 60% de humedad aprovechable. La sequía consistió en dos suspensiones sucesivas del riego hasta que el suelo alcanzó el punto de marchitez permanente (PMP), manteniéndolo bajo esta condición durante cinco días en la primer suspensión y durante ocho días en la segunda. Las tres etapas fenológicas referentes a aquéllas en que se dio la sequía fueron: inicio del primordio floral (IPF), inicio de floración (IF) e inicio de llenado del grano (ILLG). El diseño utilizado fue un completamente al azar con tres repeticiones.

El suelo utilizado fue de textura franca y con abundante materia orgánica. Los genotipos fueron sembrados el 15 de septiembre de 1992 en tubos de PVC de 10 cm de diámetro y 60 cm de longitud, los cuales se cubrieron en la parte superior con plástico negro cuando las plántulas ya se habían establecido totalmente, para evitar la evaporación.

La transpiración se determinó por el método gravimétrico, calculándose la transpiración diaria y total. La eficiencia transpiratoria se calculó determinando la relación entre la materia seca total producida y el agua total transpirada. Durante el segundo período de sequía se determinó la conductancia estomática con el analizador de gases infrarojos (IRGA Mod. LI-6000) en hojas superiores igualmente expuestas en 4 plantas. Al finalizar el tratamiento de sequía se contabilizó el número de hojas secas por planta y después de la floración se determinó el área foliar. Las variables se analizaron estadísticamente. Se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de medias con un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSION

El número de hojas secas que se encontró en el tratamiento de riego fue menor al que hubo en el tratamiento de sequía (Cuadro 1); en el primero, el secamiento fue producido básicamente por la senescencia natural de la hoja, mientras que en el segundo aparte de este proceso se produjo secamiento por la falta de agua. Yuyuza 3 tuvo el mayor número de hojas secas (Cuadro 1) debido a que la senescencia de éstas comenzó antes de que se iniciara la fase reproductiva y el tratamiento de sequía, como se puede inferir de la Figura 1. En Temporalera y 7 Cerros el secamiento comenzó poco después de la suspensión del riego. Entre estas dos variedades no existieron diferencias estadísticas quizá porque son de ciclo y porte parecidos. De esta manera, el secamiento temprano y de más hojas en Yuyuza 3 le permitió eliminar el exceso de follaje y canalizar los fotoasimilados y el agua a los puntos reproductivos y de mayores demandas como lo son las espigas, mismas que se estaban diferenciando. El número de hojas secas tendió a aumentar conforme avanzó la fenología (Figura l), ya que a medida que se va desarrollando la planta el proceso de senescencia también va en aumento y además se va reduciendo el abastecimiento hídrico y de nutrimentos hacia las hojas viejas. En Temporalera y 7 Cerros esta tendencia fue más notoria en condiciones de sequía que en riego, en Yuyuza 3 el patrón de cambio bajo sequía fue algo diferente (Figura 1), presentando el mayor número de hojas secas en la etapa de IF y no en la de ILLG, lo que puede obedecer a su mayor número de hojas en coincidencia con la mayor demanda de agua en esa etapa; eso redundó en una mayor reducción de su transpiración. Thomas y Stoddart (1980) encontraron en girasol y tabaco una aceleración del envejecimiento de la hoja en plantas sujetas a diferentes grados de sequía, lo que relacionaron con incrementos en la tasa de desnaturalización de proteínas e incrementos de la respiración.

Yuyuza 3 produjo más materia seca total que Temporalera y 7 Cerros por ser un genotipo de ciclo tardío, y tener más tiempo para captar energía (Cuadro 1 y Figura 2). Las deficiencias hídricas que se indujeron en los genotipos ocasionaron reducciones en la materia seca total (Figura 2), las que están asociadas a reducciones en el área foliar (Figura 3), y en la transpiración total (Figura 4).

Como consecuencia de su abundante biomasa, Yuyuza 3 transpiró durante su ciclo casi el triple de lo que transpiraron 7 Cerros y Temporalera (Cuadro 1). La transpiración diaria se redujo en las tres etapas en que se indujo sequía (Figuras 5, 6 y 7) debido a reducciones en el área transpiratoria ocasionadas por el secamiento de hojas y por disminuciones en la producción de materia seca, así como por reducciones en la apertura estomatal. Las variedades Temporalera y 7 Cerros redujeron más su transpiración diaria cuando la sequía se indujo en las etapas de IF e ILLG, Yuyuza 3 la redujo más en las etapas de IPF e IF; tal situación indica que Temporalera y 7 Cerros tendieron a ahorrar

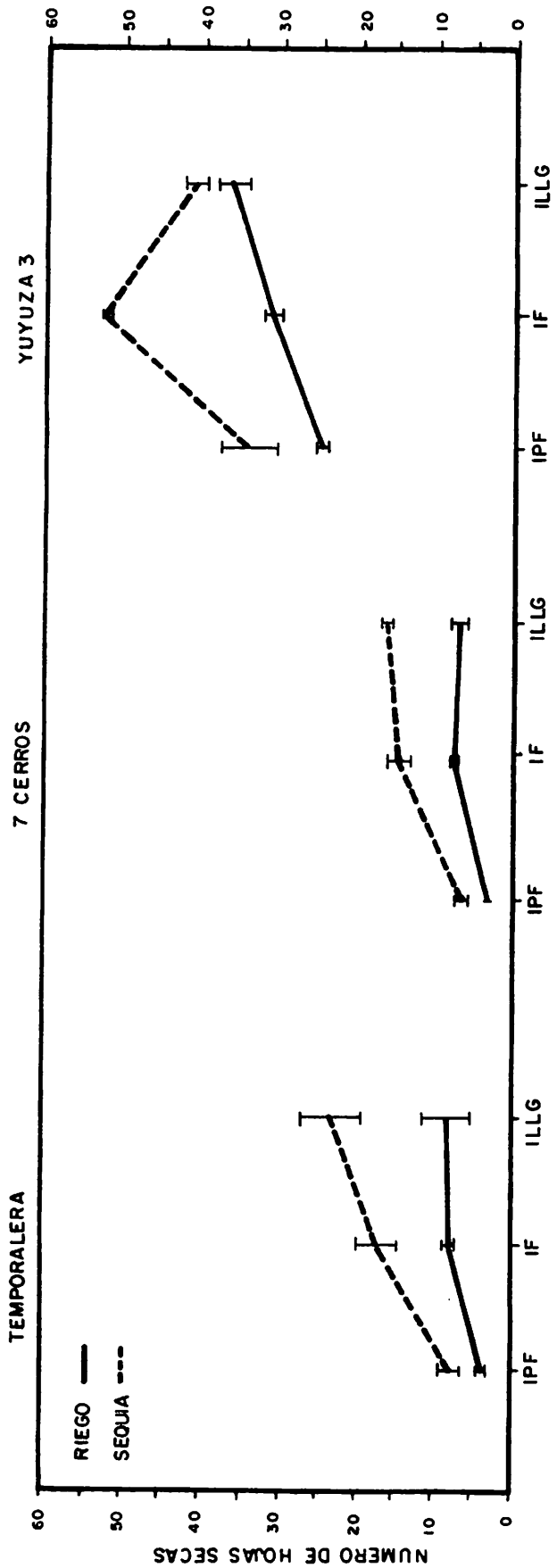
Cuadro 1. Comparación de medias de número de hojas secas (NHS), área foliar (AF), materia seca total (MST), transpiración total (TT), eficiencia transpiratoria (ET) y conductancia estomática (CE).

F.V.	NHS	AF (cm^2)	MSTOT (g)	TRANSTOT (g)	ET (g/g)	CE (cm/s)
Genotipo						
Temporalera	11b	311b	19b	6096b	0.0031a	2.26a
7 Cerros	9b	271b	20b	6970b	0.0029b	2.27a
Yuyuza 3	37a	1012a	44a	16368a	0.0027c	1.03b
DMS	2.52	63.37	3.67	1015.1	0.0002	0.14
Etapa fenológica						
IPF	13b	536a	27a	9650a	0.0028b	2.17a
IF	22a	513a	28a	9613a	0.0030a	1.96b
ILLG	22a	546a	28a	10170a	0.0029ab	1.43c
DMS	2.52	63.37	3.67	1015.1	0.0002	0.14
Nivel de humedad						
Riego	14b	597a	32a	11615a	0.0028b	2.66a
Sequía	24a	466b	24b	8007b	0.0030a	1.04b
DMS	171	42.93	2.49	687.72	0.0001	0.09

Promedios con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales. Tukey ($P < 0.05$).
IPF = Inicio del primordio floral; IF = inicio de floración; ILLG = inicio del llenado de grano.

más agua cuando se inició la formación y durante el desarrollo del grano, mientras que Yuyuza 3 lo hizo un poco antes; estas respuestas coincidieron con las de la eficiencia transpiratoria (Figura 8).

La variedad Temporalera manifestó la mayor eficiencia transpiratoria, siguiéndole la 7 Cerros y Yuyuza 3 (Cuadro 1). En los tres genotipos y en las tres etapas en que se indujo sequía, la eficiencia transpiratoria tendió a ser mayor bajo condiciones de estrés de humedad (Figura 8), lo que significa que las plantas desarrolladas en estas circunstancias produjeron más materia seca por unidad de agua transpirada que aquéllas que no tuvieron limitaciones hídricas. La mejor eficiencia transpiratoria bajo condiciones de sequía se atribuye a la reducción de la transpiración la cual estuvo asociada a disminuciones en la superficie transpiratoria ocasionadas por el secamiento de hojas y el decremento del crecimiento, así como a las bajas conductancias estomatales (Figura 9), siendo éstas más reducidas en Yuyuza 3, lo que le permitió una eficiencia satisfactoria a pesar de haber tenido valores mayores de transpiración total; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Muñoz *et al.*, 1983 quienes comprobaron que bajo estrés hídrico, las tasas transpiratorias son más afectadas que las fotosintéticas debido a que la resistencia difusiva total del CO_2 es mayor que la resistencia total del vapor de H_20, dando por resultado un aumento en la eficiencia en el uso de agua. En Temporalera y



IPF = inicio del primordio floral; IF = inicio de floración; ILLG = inicio de llenado de grano.

Figura 1. Número de hojas secas por planta en tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad en diferentes etapas fenológicas.

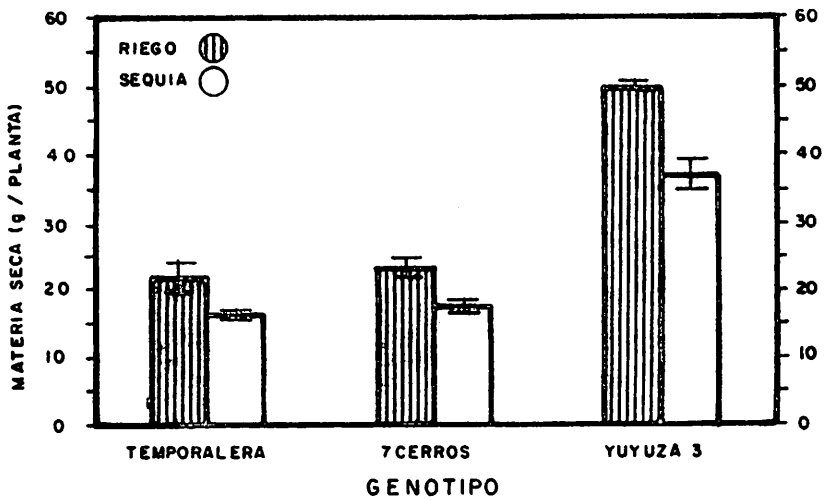


Figura 2. Materia seca total de tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad.

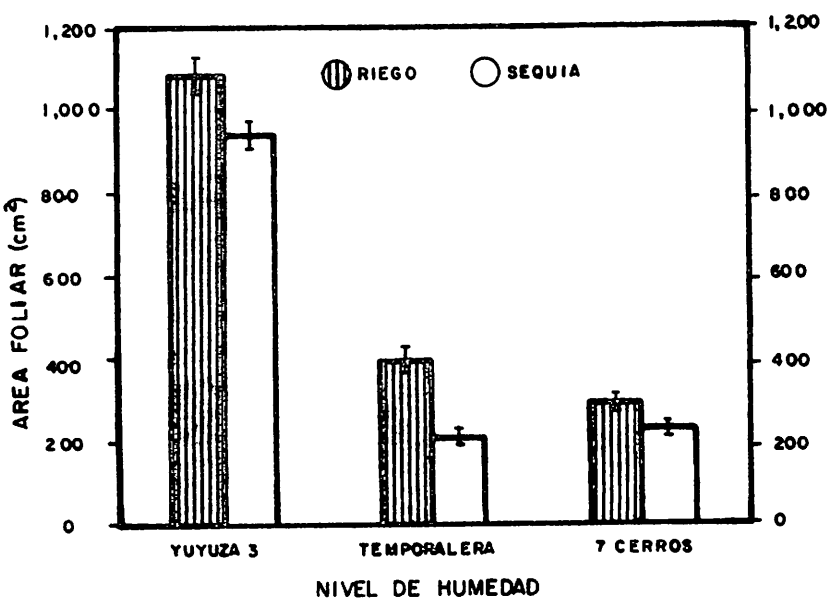


Figura 3. Area foliar por planta de tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad.

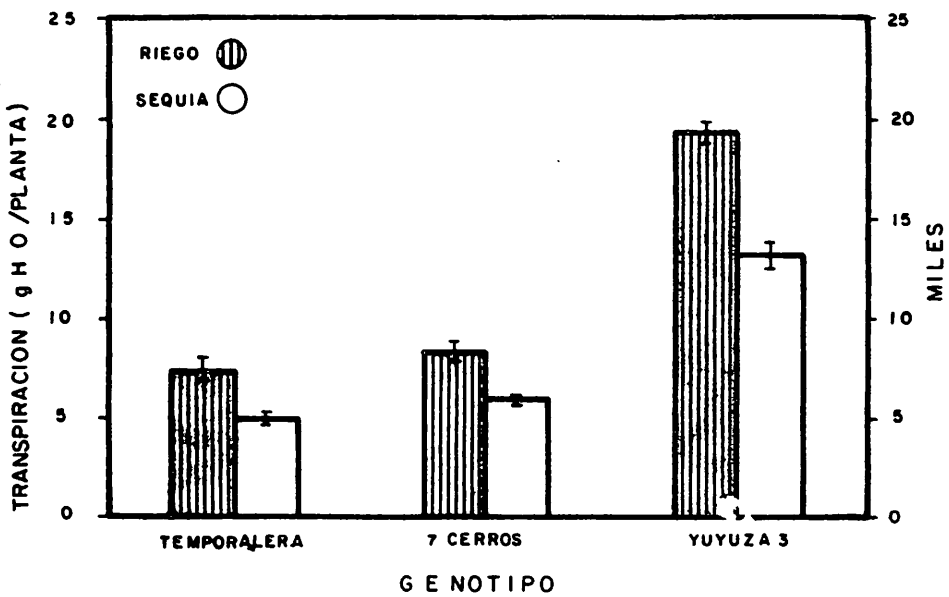


Figura 4. Transpiración total de tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad.

7 Cerros, la mejor eficiencia bajo sequía fue en las etapas de IF e ILLG, mientras que en Yuyuza 3 fue en las de IPF e IF (Figura 8), por lo que se sugiere que en esta última variedad el secado de las hojas empieza antes, en relación a las otras.

CONCLUSIONES

El efecto de la sequía se expresó como una reducción en transpiración, un incremento en la eficiencia transpiratoria, una reducción de la conductancia estomatal, el crecimiento y un incremento en la senescencia.

La variedad Yuyuza 3 fue la que presentó una mayor transpiración, pero también una mayor reducción de ésta, debido a la sequía; mientras que la variedad temporalera fue la que presentó una mayor eficiencia transpiratoria.

LITERATURA CITADA

Arnon, I. 1972. Crop Production in Dry Regions. Vol. I. Background and principles. Leonard Hill Books. London, Great Britain. 650 pp.

Boyer, J.S. 1976. Water deficits and photosynthesis. **In:** Water Deficits and Plant Growth. T.T. Kozlowzki (ed). Vol. IV: Soil Water Measurement, Plant Responses, and Breeding for Drought Resistance. Academic Press. New York. pp. 153-190.

Gummuluru, S., S.L.A. Hobbs, and S. Jana. 1989. Genotypic variability in physiological characters and its relationship to drought tolerance in durum wheat. Can J. Sci. 69: 703-711.

Heitholt, J.J. 1989. Water use efficiency and dry matter distribution in nitrogen and water stressed winter wheat. Agron. J. 81:464-469.

Legaria S., J.P. y A. Muñoz O. 1992. Interacción de variedades de trigo con ambientes secos de la mixteca alta oaxaqueña. Revista Fitotecnia Mexicana. 15:40-50.

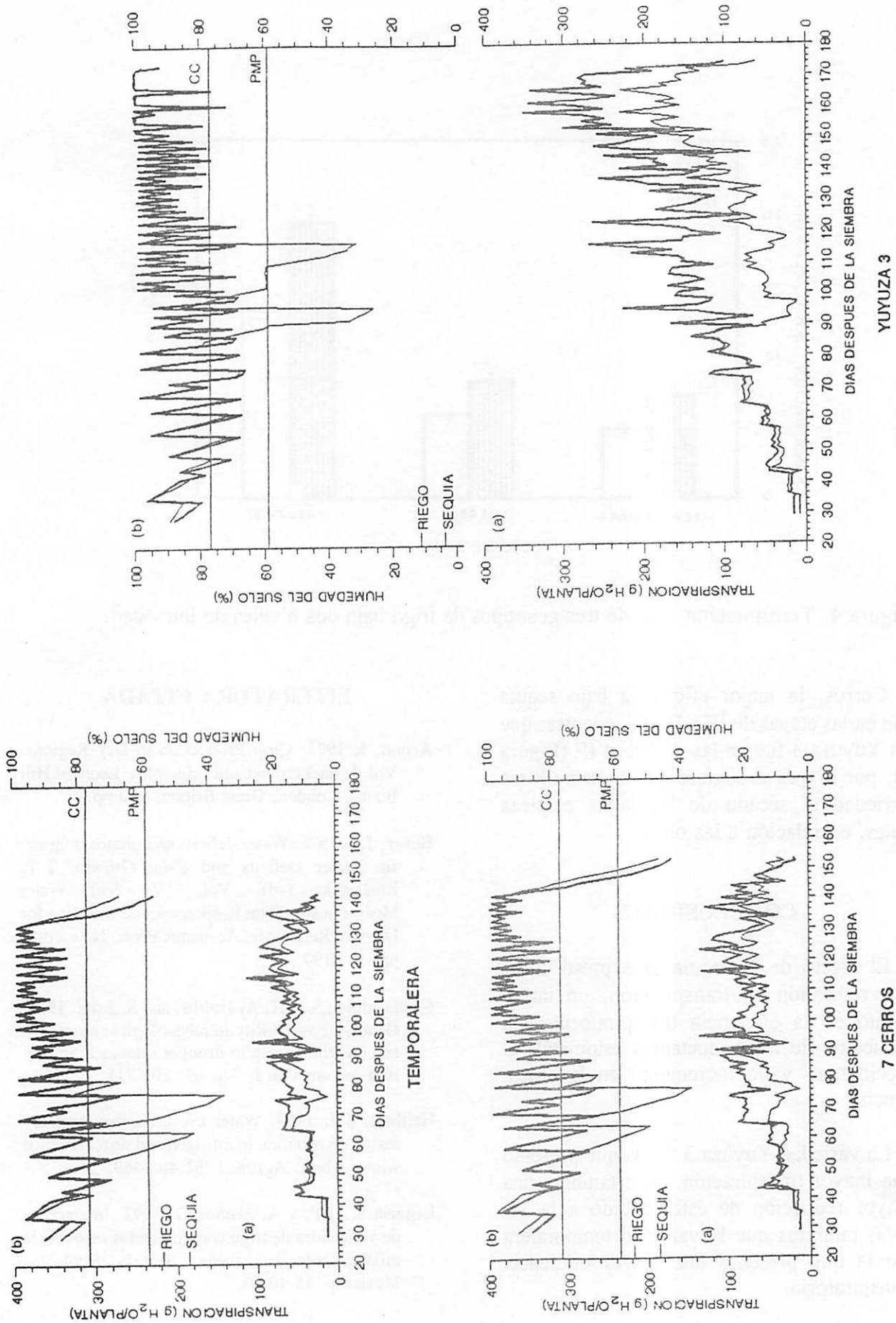


Figura 5. Transpiración diaria (a) y humedad del suelo (b) en tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad en la etapa de inicio de primordio floral.

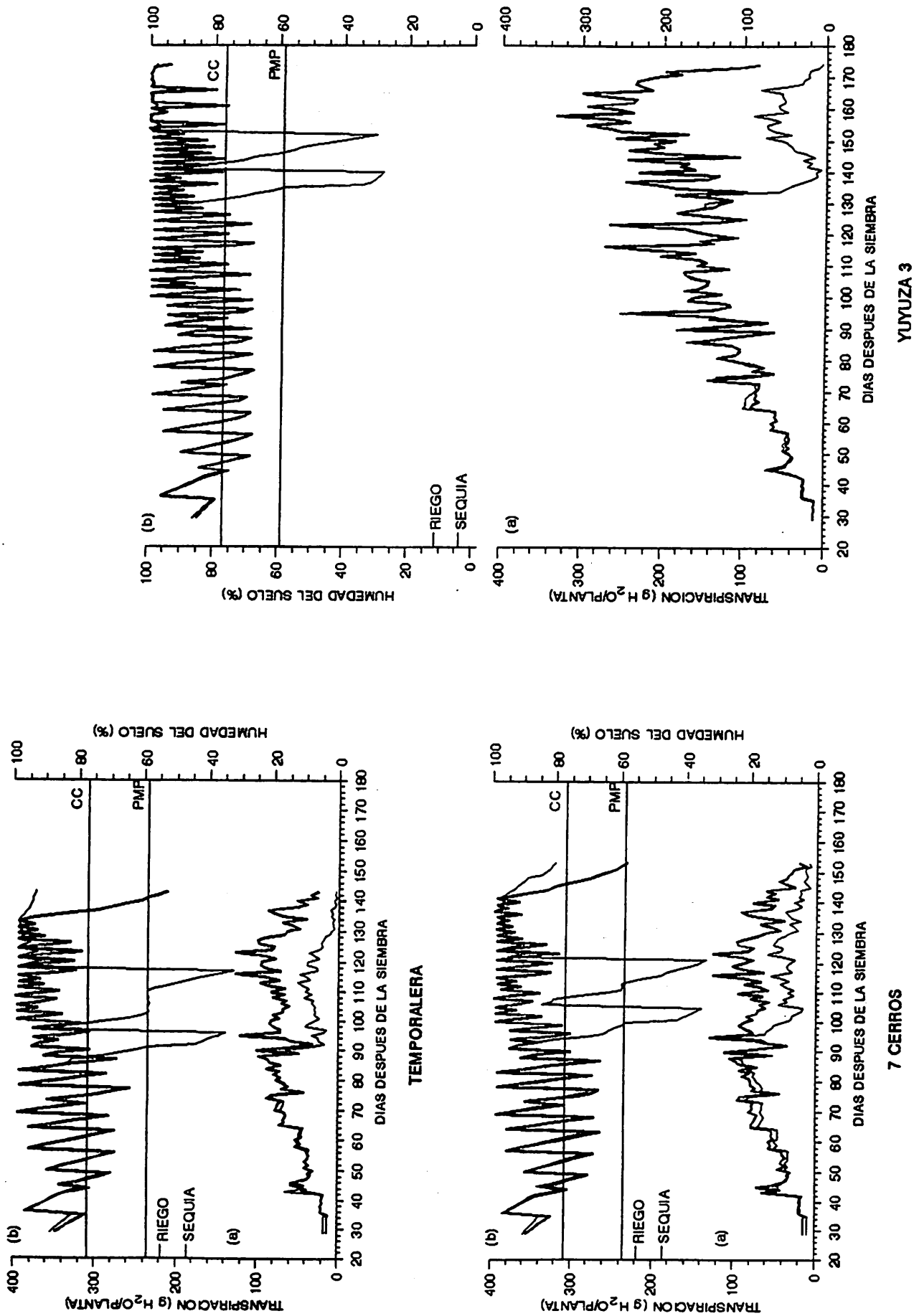


Figura 6. Transpiración diaria (a) y humedad del suelo (b) en tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad en la etapa de inicio de floración.

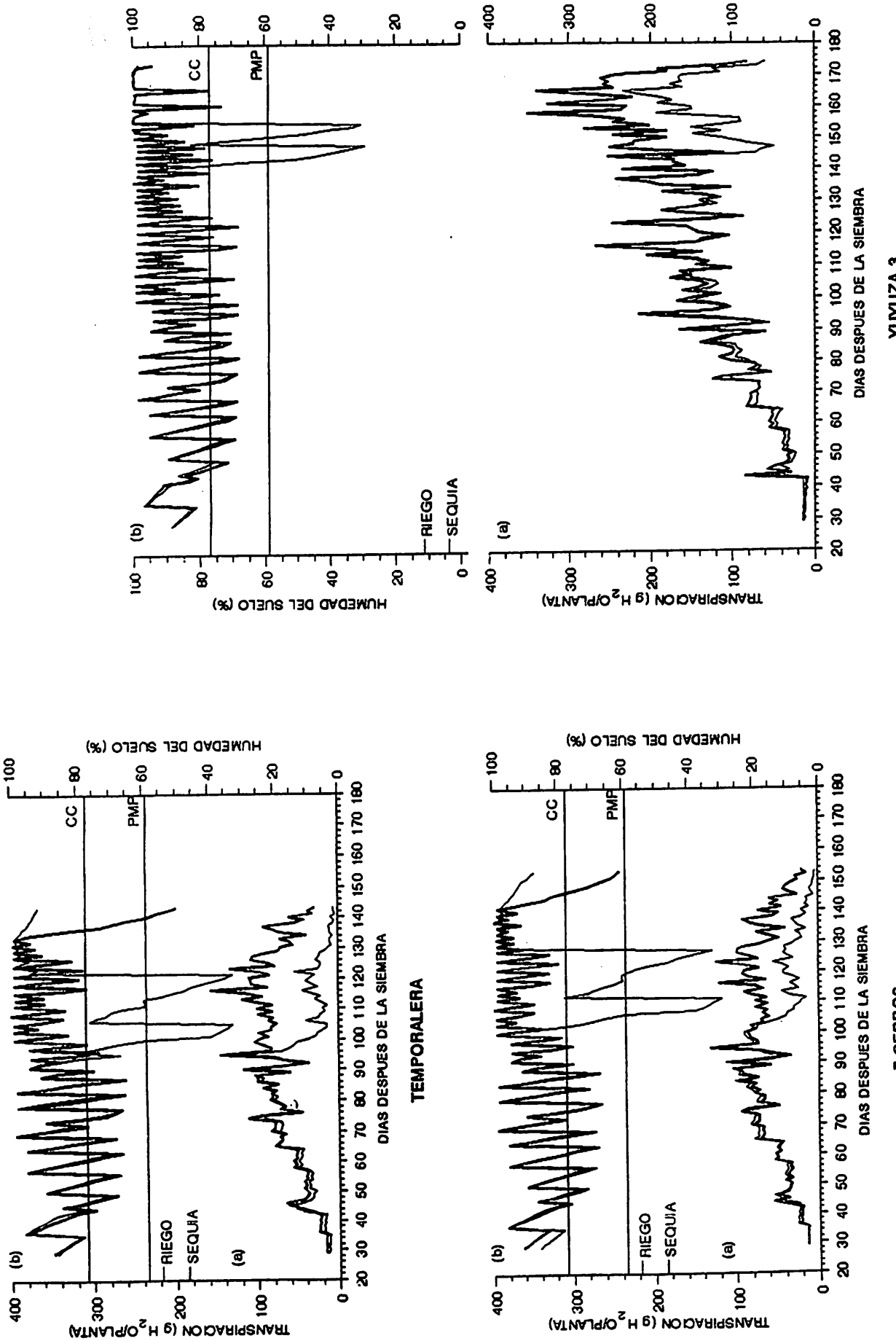


Figura 7. Transpiración diaria (a) y humedad del suelo (b) en tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad en la etapa de inicio de llenado de grano.

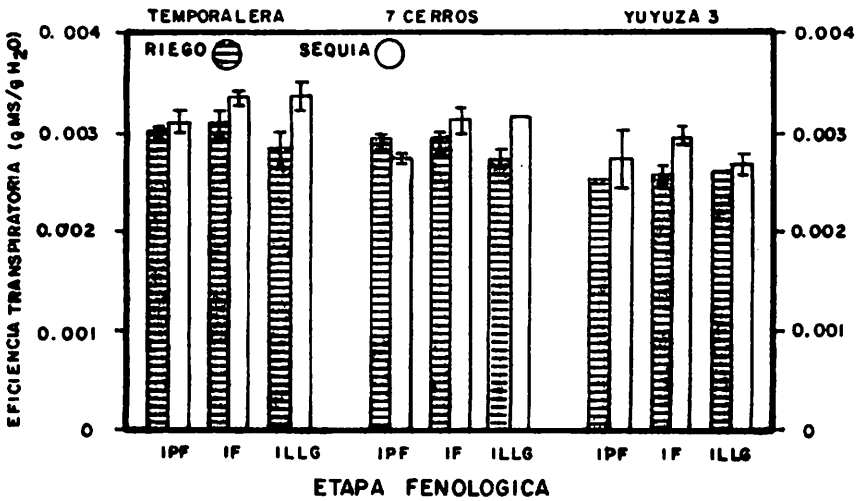


Figura 8. Eficiencia transpiratoria de tres genotipos de trigo bajo dos niveles de humedad en diferentes etapas fenológicas.

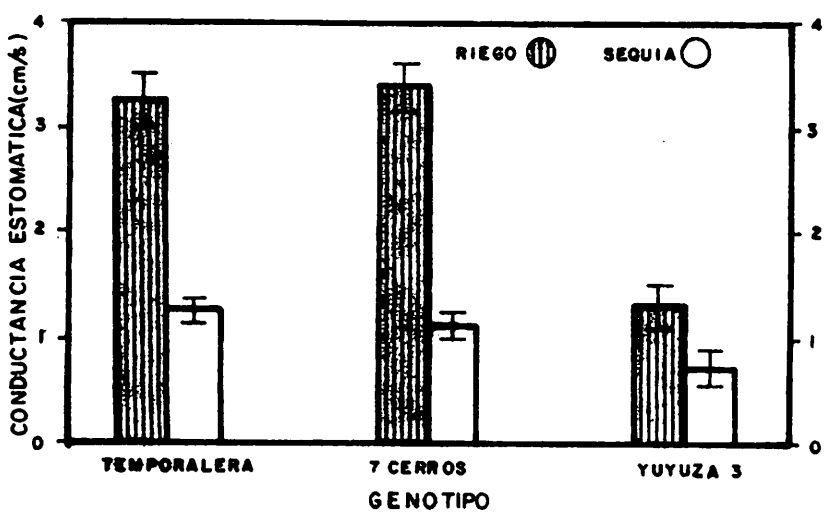


Figura 9. Conductancia estomática de tres genotipos de trigo en dos niveles de humedad.

Muñoz O., A., K.R. Stevenson, J. Ortíz C., G.W. Thurtell y A. Carballo C. 1983. Transpiración, fotosíntesis, eficiencia en uso de agua y potencial hídrico en maíces resistentes a sequía y a heladas. Agrociencia. 51:115-153.

Sánchez D., S. 1990. La eficiencia en el uso del agua por las plantas y la radiación solar. Revista Chapingo. 71-72:36-143.

Schussler, J.R. and M.E. Westgate. 1988. Relationship between water deficits, photoshynthesis and kernel number in maize. Plant Physiol. Supplement. 86:75.

Thomas, J. and J.L. Stoddart. 1980. Leaf senescence. Ann. Rev. Plant Physiol. 31:83-111.

Turner, N.C., J.E. Begg, H.M. Rawson, S.D. English, and A.B. Hearn. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. III. Components of leaf water potential, leaf conductance, $^{14}CO_2$ photosynthesis and adaptation to water deficits. Austr. J. Plant Physiol. 5:179-194.

Villaseñor M., H.E., S. Solano H. y R. Moreno G. 1989. Temporalera M87 nueva variedad de trigo para temporal. Folleto técnico No. 13. INIFAP-CAEVAMEX. Chapingo, México. 19 pp.