



# EL CONTENIDO RELATIVO DE AGUA COMO INDICADOR FOLIAR EN TRIGO PARA SELECCIÓN DE GENOTIPOS Y EL MANEJO DEL CULTIVO

---

Autores:

**DALMAS**, Natalia Julieta; **SANFILIPPO**, Juan Gabriel.

**DIRECTOR: FERNANDEZ**, Miguel Ángel.

**CO-DIRECTOR: FARALDO**, María Lila.

**EVALUADOR: ARNAIZ**, Juan Pablo.

**EVALUADOR: MIRASSON**, Hugo.

2012

INTRODUCCION.....	3
HIPOTESIS .....	4
OBJETIVOS.....	4
MATERIALES Y METODOS.....	5
RESULTADOS Y DISCUSION .....	9
CONCLUSIONES.....	13
BIBLIOGRAFIA .....	14

## RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el efecto del Contenido Relativo de Agua (CRA) foliar sobre el rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.) en la región semiárida pampeana, se evaluaron 15 cultivares de reconocida difusión en el área, correspondientes a ciclos largos, intermedios y cortos; diferentes labranzas y espaciamientos entre hileras para un mismo stand de plantas por hectárea.

Para la obtención del CRA en hoja se realizaron muestras compuestas de cuatro hojas bandera por parcela en estado Z 6.5 y Z 7.5. A la cosecha se evaluó la relación entre el CRA y el rendimiento de los distintos tratamientos. Estos influyeron significativamente en el rendimiento, siendo los de menor desempeño los cultivares de ciclo corto; los sembrados a 17,5 cm. y los realizados bajo siembra directa. Hubo diferencias significativas en el CRA utilizando cultivares de distintos ciclos pero, contrariamente a lo planteado, los cultivares de ciclo corto fueron los de peor comportamiento en el CRA. Los valores de CRA inferiores a 50% mostraron una relación significativa con el rendimiento del grano, mientras que valores superiores no mostraron una respuesta, es decir que podría servir como variable de selección cuando existen valores bajos de CRA. En cambio en los valores mayores a 50% no se observó relación con el rendimiento. Por lo tanto el CRA no serviría para la selección de genotipos porque dependería de la severidad del estrés.

## INTRODUCCION

La Región Semiárida Pampeana se caracteriza por: fluctuaciones importantes en cantidad y frecuencia de las lluvias, altas temperaturas en el verano y bajas temperaturas invernales. De éstos, el agua es el factor más limitante de la producción agropecuaria (Casagrande y Conti, 1980). En esta zona, la selección de cultivares por alto rendimiento no siempre da los mejores resultados, sino que se deben seleccionar además de los genotipos más adaptados, los manejos de cultivo más aptos para ambientes con limitaciones hídricas. Estos cultivares y opciones de manejo, como labranzas y distanciamiento entre las hileras, pueden ser identificados mediante atributos que confieran ventajas en situaciones de estrés hídrico; como el CRA; que es el contenido de agua del tejido respecto del total de agua que éste puede almacenar. Esta es la expresión más usada para medir el nivel de agua de un tejido. Se expresa en porcentaje y nos permite conocer el estado hídrico de la planta (Schönfeld y col., 1988; Winter y col., 1988; Siddique y col., 2000). Estos autores señalaron que existe una relación directa entre la sensibilidad a la sequía y el CRA en trigo. A mayores CRA en hojas, mayor resistencia al déficit hídrico. Actualmente, se sigue teniendo en cuenta el CRA entre otros parámetros fisiológicos como indicadores de la respuesta de las variedades al estrés hídrico (Anjum y col., 2011).

La resistencia a la sequía de los cultivos, está asociada al grado con que estos regulan el contenido de agua y el potencial hídrico foliar durante el período de estrés. La capacidad de una planta para mantener su estado hídrico a medida que el potencial hídrico del suelo disminuye, constituye una adaptación al déficit hídrico (Acevedo y col., 1998).

Cuando se presentan situaciones de estrés hídrico, las plantas responden paralizando el crecimiento, la expansión foliar, el desarrollo del canopeo y por ende la interceptación de la

radiación conjuntamente con la actividad fotosintética, factores que conllevan a una menor producción de los cultivos (Fererres, 1984; Turner 1986).

Palabras claves: *trigo- indicadores-foliar- sequía*.

## **HIPOTESIS**

- Existen diferencias en el CRA entre cultivares de trigo sembrados con distintas alternativas de labranza y espaciamiento entre surcos. La siembra directa y los mayores espaciamientos entre hileras tendrán un mayor CRA y por ende mayor tolerancia a estrés hídrico.
- La elección del cultivar en esta región influye en la resistencia al estrés hídrico, de tal manera que los cultivares de ciclo corto tendrán mayor CRA a floración debido a un uso más conservacionista del agua disponible.

## **OBJETIVOS**

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar en condiciones de campo:

- La variación del parámetro hídrico foliar CRA, bajo diferentes sistemas de labranzas y espaciamientos entre surcos, en época de siembra intermedia para la región (a partir de la segunda quincena de junio).
- La variación del CRA de distintos cultivares de trigo, sembrados en distintas fechas de siembra.

## MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se realizaron en la unidad de Módulo de Labranzas del Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía de la UNLPam. a 11 km al norte de la ciudad de Santa Rosa (36°46'S 64°16'W).

### Ensayo 1

En un lote con antecesor girasol, con un suelo Haplustol éntico (cuyas características químicas al momento de la siembra se resumen en la Tabla 1), el 26 de junio se sembraron macroparcels con un cultivar de ciclo intermedio (Buck Sureño), en tres sistemas de labranza: convencional (LC), vertical (LV) y siembra directa (SD). Cada sistema de labranza a su vez fue sembrado con distanciamientos entre hileras de 0,175m, 0,350m y 0,525m. La densidad de siembra utilizada fue la necesaria para lograr en todos los tratamientos 230 plantas por metro cuadrado.

**Tabla 1:** Parámetros indicadores de la fertilidad del suelo.

Lab.	Dist 0,175 m				Dist 0.350 m				Dist 0.525 m			
	MO %	P(*) ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	MO %	P ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	MO %	P ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm
LC	1,8	21,9	46,0	10,4	1,5	20,1	58,5	13,2	1,6	18,2	43,8	9,9
LV	1,9	25,0	55,9	12,6	1,7	11,6	82,6	18,7	2,0	28,5	108,7	24,6
SD	2,4	26,6	25,2	5,7	1,9	19,4	20,2	4,6	2,1	17,7	20,6	4,7

(\*) P disponible por el método Bray 1. *Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U.N.L.Pam*

Se barbecharon las macroparcels, con arado rastra en LC, con arado de cinceles en LV y en SD barbecho químico con glifosato, sal IPA 48% 3,5 lts/ha + adyuvante 0.15%. a partir

del 10, 11 y 12 de febrero respectivamente. Previo a la siembra, se realizó un repaso con rastrón, excepto en SD que se volvió a aplicar glifosato en la misma dosis.

En el momento de la siembra, todas las parcelas recibieron una fertilización de base con 40 kg/ha de fosfato diamónico grado técnico (18-46-0) distribuido uniformemente en todas las hileras.

Los estados fenológicos se registraron en base a la escala propuesta por Zadoks y col. (1974) y se identifican con la letra Z seguida de la clave numérica de dicha escala.

El control de malezas se realizó en post-emergencia temprana (Z1.3. en la primera y segunda época y Z1.2. en la tercera época.) con metsulfuron-metil, en dosis de 0,006 kg por hectárea.

En cada una de las macroparcels se marcaron al azar los puntos de muestreo, a razón de 4 repeticiones por tratamiento. Las muestras para obtener el CRA fueron tomadas cada vez que un cultivar alcanzó los estados Z 6.5. y Z 7.5. No se registraron ataques de plagas durante el desarrollo de los cultivos.

Para la obtención del CRA en hoja se realizaron muestras compuestas de cuatro hojas banderas correspondientes a tallos principales y no de macollos. Se utilizaron solo las hojas bandera debido a que se han reportado diferencias en el CRA de acuerdo a la posición de la hoja (Aggarwal y Sinha, 1984). En ellas se determinó el peso fresco, el peso turgente y el peso seco. En el campo, inmediatamente después del corte se introdujeron las hojas en envases plásticos y se conservaron a temperaturas bajas (heladera) y se llevaron a laboratorio para pesar. Se procedió a rehidratar las hojas durante 48 horas y se obtuvo el peso turgente luego de eliminar el agua sobrante. Para obtener el peso seco se llevó a estufa de circulación forzada de aire a 60° C durante 48 horas.

Para determinar el CRA (%) se utilizó la ecuación:

$$\text{CRA} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100$$

Donde: PF = peso fresco; PS = peso seco; PT = peso en turgencia. (Método descrito por Barrs y Weatherley, 1962).

## Ensayo 2

Los tratamientos correspondientes a este ensayo se describen en la Tabla 2. La siembra se realizó en microparcels dentro de un sector de la macroparcels correspondiente a LV del ensayo 1, en un diseño en bloques completamente aleatorizados, con cuatro repeticiones. Se utilizó el mismo manejo que el dado al tratamiento de LV correspondiente al ensayo 1. Las microparcels fueron estándar (1,4 por 5,5 m) en surcos distanciados a 0,20 m.

**Tabla 2:** Cultivares, densidades y fechas de siembra

<b>Cultivar</b>	<b>Ciclo</b>	<b>Densidad Siembra pl/m<sup>2</sup></b>	<b>Fecha Siembra</b>
Buck Arriero	Largo	180	23 de mayo
Buck Guapo	Largo	180	23 de mayo
Buck Charrúa	Largo	180	23 de mayo
Klein Pegaso	Largo	180	23 de mayo
Baguette 10	Largo	180	23 de mayo
Buck Sureño	Intermedio	230	26 de junio
BioINTA 2001	Intermedio	230	26 de junio
Klein Gavilán	Intermedio	230	26 de junio
ACA 601	Intermedio	230	26 de junio
ACA303	Intermedio	230	26 de junio
PI Gaucho	Corto	300	25 de julio
ACA 801	Corto	300	25 de julio
Buck Guaraní	Corto	300	25 de julio
Buck Pronto	Corto	300	25 de julio
Don Mario Onix	Corto	300	25 de julio

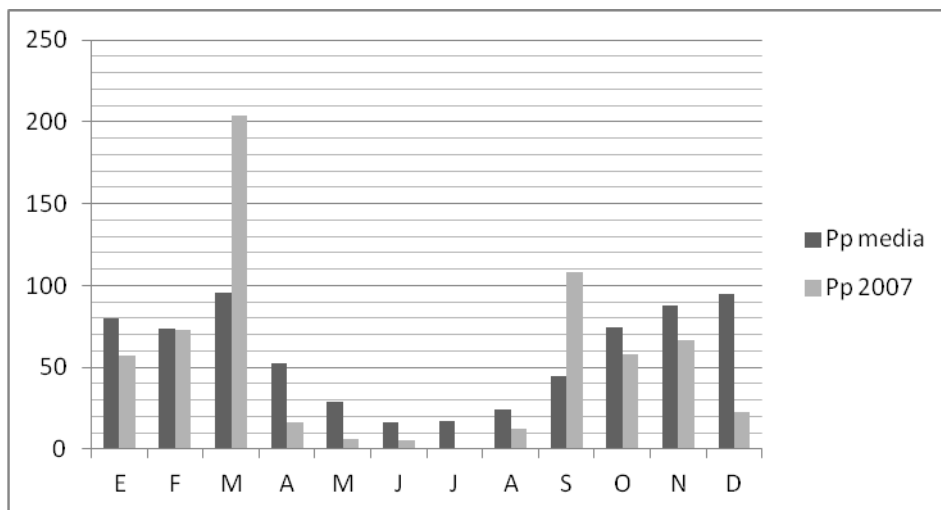
A continuación se presentan los datos de precipitaciones y temperaturas, ocurridas durante el período en que se llevaron a cabo ambos ensayos, en la Tabla 3.



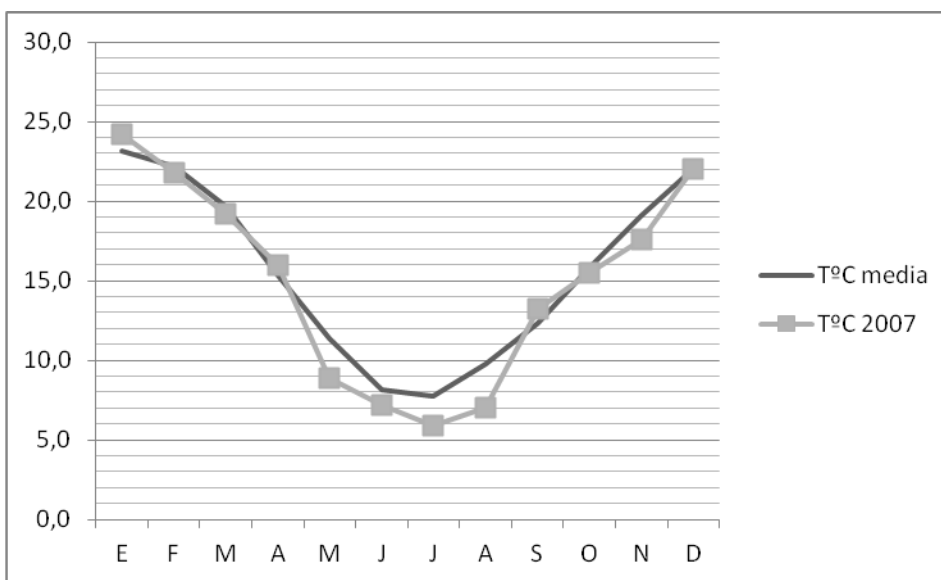
**Tabla 3.** Lluvias y temperatura media mensual.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pp media	79,9	73,6	95,4	52,1	29,1	16,1	17,2	24,0	44,3	74,2	88,0	94,8
Pp 2007	<b>57,1</b>	<b>72,6</b>	<b>203,6</b>	<b>16,3</b>	<b>6,0</b>	<b>5,7</b>	<b>0,1</b>	<b>12,5</b>	<b>108,3</b>	<b>57,6</b>	<b>66,9</b>	<b>23,0</b>
T°C media	23,2	22,2	19,7	15,4	11,4	8,2	7,7	9,8	12,4	15,8	19,1	22,0
T°C 2007	<b>24,2</b>	<b>21,8</b>	<b>19,2</b>	<b>16,0</b>	<b>8,9</b>	<b>7,2</b>	<b>5,9</b>	<b>7,0</b>	<b>13,2</b>	<b>15,5</b>	<b>17,6</b>	<b>22,0</b>

Fuente: Estación Meteorológica Juan C.M. Lasalle. Facultad de Agronomía. U.N.L.Pam



**Figura 1.** Evolución de las precipitaciones medias mensuales (mm) (Serie 1961/2010) y las ocurridas durante 2007.



**Figura 2.** Evolución de las temperaturas medias mensuales (°C) (Serie 1961/2010) y las ocurridas durante 2007.

Los datos obtenidos fueron analizados por ANAVA y las medias comparadas por el test de LSD para un valor de  $p < 0.05$ . Se utilizó para ello el Software Infostat, versión 2008.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los contenidos relativos de agua medidos en floración sobre cultivos bajo diferentes labranzas y distanciamiento entre surcos no difirieron significativamente entre sí, a diferencia de las mediciones hechas en pleno llenado de grano, en los cuales se observan CRA significativamente menores en SD y a 0.175m (Tabla 4).

**Tabla 4.** Contenidos relativos de agua (%) en Z6.5. y Z7.5.

Labranzas	CRA (%) Z6.5	Labranzas	CRA (%) Z7.5
SD	86.7 a	LC	72.2 a
LV	86.6 a	LV	71.3 a
LC	84.1 a	SD	65.7 b
Valor de p	ns	Valor de p	0.0107
Distancias	Distancias		
17.5	86.4 a	35.0	72.9 a
52.5	86.1 a	52.5	72.6 a
35.0	84.8 a	17.5	63.7 b
MDS	2.6		4.4
CV	3.7		7.6
Valor de p	ns		0.0002
Interacción l x d	ns		Ns

Letras iguales no difieren significativamente con el test LSD ( $p \leq 0,05$ )

Al evaluar el efecto de la labranza no se advierten diferencias significativas en el CRA en Z6.5 pero sí la hubo en Z7.5 siendo menor para siembra directa.

La otra variable evaluada (distanciamiento) solo presenta diferencias altamente significativas en Z7.5; con los valores menores para el espaciamentos entre hileras de 17,5 cm (63,7%).

Los CRA de los cultivares de ciclo largo en Z6.5 son significativamente mayores que los medidos sobre cultivares de ciclo intermedio y estos a su vez difieren de los valores de CRA de los cultivares de ciclo corto (Tabla 5).

**Tabla 5.** Contenido relativo de agua en floración y el rendimiento de grano.

<b>Cultivar</b>	<b>Ciclo</b>	<b>CRA (%) Z6.5</b>	<b>Rinde (kg/ha)</b>
Buck Guapo	Largo	89,18 <sup>a</sup>	3.433ab
Buck Arriero	Largo	88,16 <sup>a</sup>	3.383ab
Buck Charrúa	Largo	85,07 <sup>a</sup>	3.208abc
Klein Pegaso	Largo	84,56 <sup>a</sup>	3.100 bc
Baguette 10	Largo	83,56 <sup>a</sup>	3.280ab
BioINTA 2001	Intermedio	59.41 b	3.400ab
Klein Gavilán	Intermedio	56.49 b	3.383ab
ACA 601	Intermedio	55.57 b	2.850 c
ACA303	Intermedio	53.97 b	3.149abc
Buck Sureño	Intermedio	52.10 b	3.550 <sup>a</sup>
PI Gaucho	Corto	46,11 c	1.833 e
Don Mario Onix	Corto	43,89 c	3.150abc
ACA 801	Corto	43,18 c	2.283 d
Buck Guaraní	Corto	39,05 c	1.766 e
Buck Pronto	Corto	38,86 c	3.266ab
DMS		13.6	405
Valor p		< 0.0001	< 0.001
CV		8.97	18.57

Letras iguales no difieren significativamente con el test LSD ( $p \leq 0,05$ )

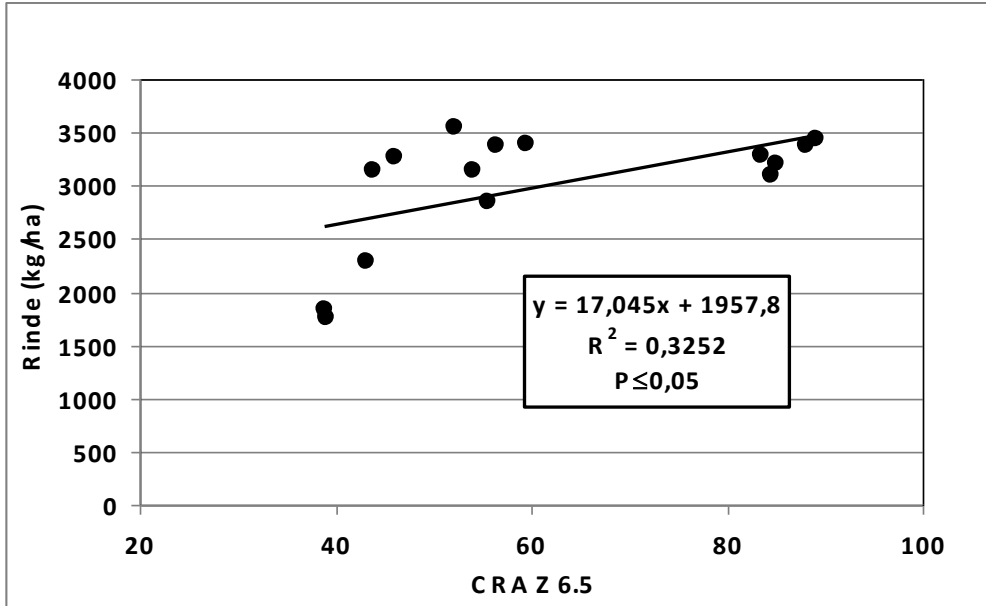
La diferencia en el CRA fue significativa entre épocas de siembra, más que entre cultivares dentro de una misma época. Por lo que resulta un parámetro más influido por el ambiente que por el genotipo. Coincidente con esta información el CRA, debido a su fuerte interacción con el ambiente, no pueden realizarse los análisis estadísticos tradicionales y resulta dificultoso su utilización en la selección de genotipos superiores (Ortiz y col. 2003; Blum, 2005). Sin embargo, Saedipour (2011) reportó diferencias importantes en el CRA cuando se aplicó distinto nivel de estrés hídrico a dos cultivares de distinta tolerancia a la

sequía. Clarke y col. (1991) puntualizaron la dificultad de correlacionar el uso del agua y el crecimiento con características fisiológicas particulares. El crecimiento y el rendimiento de grano son el resultado de muchos procesos que interactúan y es difícil relacionar cualquier característica fisiológica a la productividad o el rendimiento particularmente en genotipos poco relacionados.

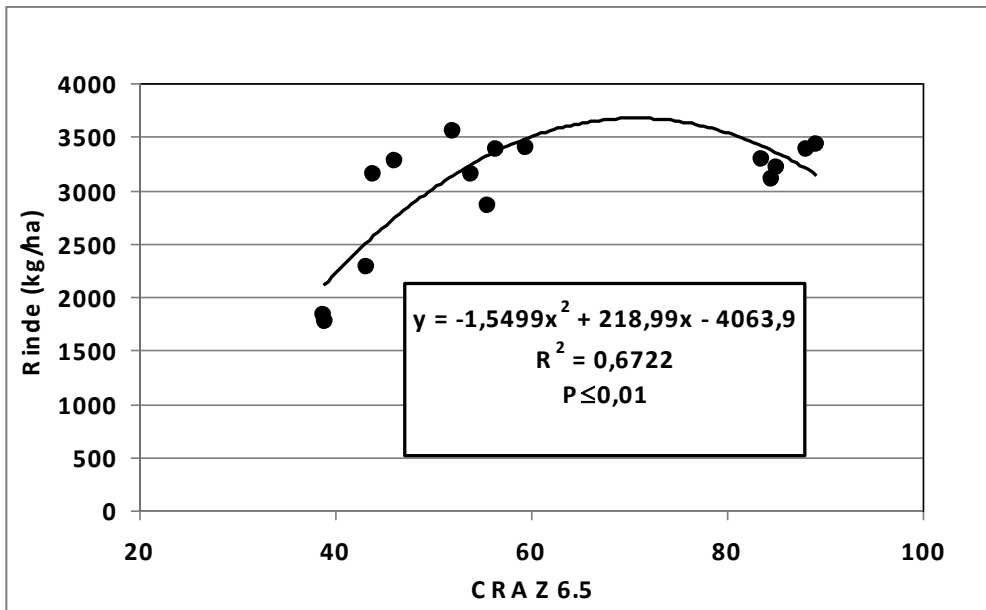
En primera instancia se advierte un amplio rango de variabilidad del CRA entre los distintos ciclos, siendo los valores extremos 89,2% a 38,9% para ciclos largos y cortos, respectivamente.

Asimismo, cuando se relaciona la variable CRA con rendimiento se observan diferencias significativas a favor de los ciclos largos, intermedios y cortos, en ese orden de importancia; pudiéndose inferir que a mayor CRA en Z6.5 le corresponden mayores rendimientos; variando en un rango de rendimientos promedios de 3280; 3266; 2457 Kg/ha, para largo, intermedio y corto, respectivamente.

En las Figuras 3 y 4 se muestran las relaciones lineales de la recta y cuadrática entre el CRA en Z6.5. y el rendimiento de grano (kg/ha) de las tres épocas juntas. Se observa que la relación cuadrática fue altamente significativa. Por debajo de un valor de CRA de 50% se afectó significativamente el rendimiento en el estado Z6.5. Mientras que, valores superiores no mostraron una respuesta, es decir que, podría servir como variable de selección cuando existen valores bajos de CRA. En cambio valores mayores de 50% no tuvieron relación con el rendimiento. Por lo tanto, el CRA no sirvió para la selección de genotipos porque dependió de la severidad del estrés.



**Figura 3.** Rendimiento en función al contenido relativo de agua (%) (CRA Z 6.5).



**Figura 4.** Rendimiento en función al contenido relativo de agua (%) (CRA Z 6.5).

## CONCLUSIONES

La primera hipótesis fue rechazada. Contrariamente a lo pensado se encontró un menor CRA en el trigo bajo siembra directa. Esto podría explicarse debido a un posible menor desarrollo del sistema radicular en plantas creciendo en un suelo sin laboreo y su consecuente remoción y descompactación. Se supone que el sistema radicular allí generado se vio privado en su capacidad de exploración. En cuanto al distanciamiento, se pudo comprobar la hipótesis planteada de que a 17,5 cm, tendría menor CRA que a las distancias mayores pero solo en el estado fenológico Z7.5 debido a la competencia por el recurso hídrico.

La segunda hipótesis fue corroborada en cuanto a que hubo diferencias significativas en el CRA utilizando cultivares de distintos ciclos, pero contrariamente a lo hipotetizado los cultivares de ciclo corto fueron los de peor comportamiento en el CRA. Durante los ensayos realizados, las diferencias de valores encontrados en el CRA entre labranzas, espaciamientos y cultivares, permiten establecer que los mismos pueden ser utilizados ante situaciones de estrés hídrico, no obstante por tratarse de solo un año de evaluaciones se debe continuar con los estudios de los referidos atributos. Los valores de CRA inferiores a 50 mostraron una relación significativa con el rendimiento del grano, mientras que valores superiores no mostraron una respuesta, es decir que podría servir como variable de selección cuando existen valores bajos de CRA. En cambio valores mayores de 50 no tienen relación con el rendimiento. Por lo tanto no serviría para la selección de genotipos el CRA porque dependería de la severidad del estrés.

## BIBLIOGRAFIA

Acevedo E., H. Silva y P. Silva. 1998. Tendencias actuales de la investigación en la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Boletín Técnico 49:1-28.

Aggarwal P. K. y S. K. Sinha, 1984. Differences in water relations and physiological characteristics in leaves of wheat associated with leaf position on the plant. *Plant Physiol.* 74:1041-1405.

Anjum, S. A., X. Xie, L. Wang, M. F. Saleem, C. Man y W. Lei. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African J. Agric. Res.* 6:2026-2032.

Barrs, H.D. y Weatherley, P.E. 1962. Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.*, 24:519-570.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. *Aust. J. Agric. Res.*, 56:1159-1168

Casagrande, G. y Conti, H. A. 1980. Caracterización climática y agroclimática. p. 19-32. En: Inventario integrado de recursos naturales de la provincia de La Pampa. INTA-Pcia. La Pampa-UNLPam., Buenos Aires, Arg.

Clarke, J. M; R. A. Richards y A. G. Condon. 1991. Effect of drought stress on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. *Can. J. Plant Sci.* 71: 695-702.

Fereres E. 1984. Adaptation des vegetaux a la secheresse. Strategies et mecanismes. *Bull. Soc. Bot. Fr.*131, Actual Bot. 1:17-32.

InfoStat 2008. *InfoStat, versión 2008*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas Argentina.

Ortiz, M. H. Silva, P. Silva y E. Acevedo. 2003. Estudio de parámetros hídricos foliares en trigo (*Triticum aestivum* L.) y su uso en selección de genotipos resistentes a sequía. *Rev. Chilena de Historia Natural*, 76:219-233.

Saeedipour, S. 2011. The relationship between the senescence induced by water deficits and C remobilization during grain filling in two wheat cultivars differing in drought resistance. *Afr. J. Agric. Res.* 6:1990-2001.

Schönfeld M.A., Jonson R.C., Carver B.F. y Mornhinweg D.W.. 1988. Water relations in the winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Sci.* 28:526-531.

Siddique, M.R.B., Hamid, A., y Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sinica*, 41:35-39.

Turner N.C. 1986. Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.* 13:175-190

Winter, S.R., J.T. Musick, y K.B. Porter. 1988. Evaluations of screening techniques for breeding drought-resistant winter wheat. *Crop Sci.* 28: 512-516.

Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421