

**Consumo y eficiencia en el uso del agua en trigos de diferentes
ciclos, bajo siembra directa y labranza convencional**

Martínez Pedro José

Director: Faraldo María Lila

Codirector: Mirasson Hugo

Evaluador: Fernández Miguel

Evaluador: Arnaiz Juan Pablo

CULTIVOS II

INGENIERÍA AGRONÓMICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

2011

Índice

Resumen.....	2
Introducción.....	4
Hipótesis.....	7
Objetivos.....	8
Materiales y métodos.....	8
Resultados.....	10
Conclusiones.....	12
Bibliografía.....	14

Consumo y eficiencia en el uso del agua en trigos de diferentes ciclos, bajo siembra directa y labranza convencional

Resumen

La región semiárida pampeana presenta características edafo-climáticas que tornan inestable la producción de trigo (*Triticum aestivum* L.). Es el cultivo agrícola invernal más importante de la provincia de La Pampa, resultando ser la alternativa de cultivo de invierno de cosecha más usada por los productores de la zona.

En el presente trabajo se evaluó y cuantificó el consumo y la eficiencia en el uso del agua (EUA) en trigos de diferentes ciclos, en labranza convencional (LC) y en siembra directa (SD).

Los ensayos se realizaron en la unidad de Módulos de Labranzas en el Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía de la U.N.L.Pam. a 11 Km. al norte de la ciudad de Santa Rosa. (36°46'S 64°16'W), sobre un antecesor girasol en un lote cuyo suelo es un Haplustol éntico. Se ensayaron dos sistemas de labranza, LC y SD, y tres ciclos de cultivares de trigo (ciclo corto, intermedio y largo).

En el consumo de agua o uso consuntivo se concluye que en SD no hay diferencias significativas según el ciclo, pero si en LC se observa que el CI consume más que el CL y que el CC no tuvo diferencias significativas con respecto a los otros.

En cuanto a los resultados de la EUA, en SD el CL y CI tuvieron una mayor eficiencia que el CC y en la LC se registro que el CL fue más eficiente que el CI pero no tuvo diferencias significativas con el CC.

Palabras claves: trigo, consumo, eficiencia en el uso del agua.

Introducción

El trigo pan es la alternativa de cultivo de invierno de cosecha más usada por los productores de la zona semiárida pampeana ya que se ajusta a las cadenas rotacionales de las explotaciones mixtas dejando residuos de calidad en cobertura y aportando recursos económicos en una época estratégica del año. En áreas de secano, la provisión de agua para los cultivos se obtiene a partir de las lluvias durante el ciclo, y de las ocurridas en los meses previos que se almacenan en el suelo mediante el barbecho. Sin embargo, los rendimientos presentan gran variabilidad (1114 a 2338 Kg. ha⁻¹, en la década 1997/2006 (SAGPyA, 2008). Esta inestabilidad es propia de ambientes semiáridos caracterizados por fluctuaciones en cantidad y frecuencia de las lluvias, altas temperaturas en el verano y deficiencias hídricas que resultan ser el factor más limitante de la producción agropecuaria (Fisher y Turner, 1978). El suelo actúa como elemento de captación y retención del agua de lluvia, cediéndola posteriormente a las raíces de los cultivos, distribuyendo en el tiempo el suministro agua y amortiguando, dentro de ciertos límites, los períodos de sequía.

La capacidad de almacenaje de agua del suelo depende de su espacio poroso y de su profundidad. Esta se ve condicionada por la presencia de limitaciones a la penetración de las raíces, o por la diferente habilidad del cultivo para explorar el perfil en suelos homogéneos y profundos (Krüger y Venazi, 2010). El ambiente en el que se desarrolla el cultivo entre la siembra y la cosecha no es uniforme sino que presenta una enorme variación espacial y temporal. (Castellarín *et al*, 2005); a su vez, la capacidad del cultivo de trigo para capturar y utilizar recursos se modifica a lo largo del tiempo dependiendo de los procesos que ocurran en el cultivo a cada momento (Slafer *et al* 2003). Durante el desarrollo de los cultivos, el período próximo a la emergencia de la espiga es uno de los

momentos más críticos en cuanto a la disponibilidad de agua ya que coincide el máximo crecimiento de las espigas, de los tallos y de las raíces (Siddique *et al* 1989, Slafer y Andrade 1993). En la región semiárida pampeana durante la mayor parte del ciclo, los cultivos de trigo se desarrollan con el agua almacenada al momento de la siembra, mientras que durante la etapa de determinación del número de granos por unidad de superficie se incrementan las posibilidades de que los cultivos sufran estrés hídrico. Es en estas condiciones que los ciclos, las variedades y las técnicas de manejo del cultivo que mejor aprovechen el agua almacenada en el perfil presentarán las mejores producciones. (Dardanelli *et al* 2001).

Con respecto a la elección de los ciclos de las variedades, se debe caracterizar previamente cuál será el ambiente de producción. Si bien en general se sigue observando buena adaptación de las variedades que permiten una siembra temprana, en los buenos ambientes se alcanzan iguales rendimientos con variedades de ciclo corto que presentan buen potencial de rendimiento. La siembra temprana de trigo asegura una mejor implantación del cultivo y ofrece condiciones más favorables en las primeras etapas de desarrollo, y por lo tanto un mejor uso del agua almacenada en el suelo. Cuando los ambientes de producción de trigo son mejores, con mayor disponibilidad hídrica y adecuado nivel de nutrientes, las diferencias entre ciclos desaparecen y prevalece el potencial de rendimiento de la variedad (Fraschina, *et al* 2003).

Los cultivos tienen diferente capacidad para transformar el agua absorbida en grano, a esto se le llama “eficiencia de uso del agua” (EUA), y se mide en kilos de grano producido por cada mm de agua consumida.

Los valores de EUA oscilan entre 7 y 11 kg/ha.mm según diversos autores (Tabla 1).

Tabla 1 – Eficiencia de uso del agua en Kg/ha.mm (EUA) del cultivo de trigo según distintos autores

Rillo <i>et al.</i> 2008. 25 de Mayo (Bs As)	11,3
Venanzi <i>et al.</i> 2006. Dufaur (Bs As)	8,4
Iglesias <i>et al.</i> 1990. Bordenave (Bs As)	9,0
Marano <i>et al.</i> 2004. Esperanza (Santa Fe)	7,9
Marano <i>et al.</i> 2004. Esperanza (Santa Fe)	6,8
Caviglia <i>et al.</i> 2001. Centro Entre Ríos	10,4
Caviglia <i>et al.</i> 2001. Centro Entre Ríos	9,8
Brevedan <i>et al.</i> Santa Rosa (La Pampa)	11,5

La maximización de la EUA resulta ser el factor clave para alcanzar los mejores y más estables rendimientos (Fraschina *et al.*, 2003). La EUA puede ser modificada por diversas prácticas de manejo como rotaciones, cultivo antecesor, sistemas de labranza, fertilización, variedades, épocas y densidades de siembra, ciclos y distanciamientos entre surcos.

Passioura (1977) asegura que en ambientes con limitaciones de agua la producción de biomasa es función directa del agua usada por el cultivo y si a esto se le agrega el Índice de Cosecha (IC) llegamos a un modelo para rendimiento de grano:

$$\mathbf{RG = AU \times EUA \times IC}$$

Donde: RG: rendimiento en grano; AU: agua utilizada; EUA: eficiencia del uso del agua y IC índice de cosecha.

Así al aumentar la EUA resultará en un mayor rendimiento si el AU y el IC se mantienen constantes (Loss *et al.* 1989).

El factor clave para alcanzar mejores resultados en la agricultura de secano es tratar de maximizar el uso del agua de lluvia por parte de los cultivos. Si tenemos en cuenta que

el agua de lluvia debe infiltrarse en el perfil de suelo y luego ser absorbida por el sistema radicular para su utilización en el resto de la planta, surge la importancia de favorecer la mayor acumulación de agua y así tender a mantener una adecuada disponibilidad hídrica durante el mayor tiempo posible.

La acumulación de agua en el suelo no solo depende de la capacidad de retención que es característica de cada tipo de suelo, sino también de la velocidad de filtración del agua de lluvia. La técnica de siembra directa tiene un impacto directo sobre la capacidad de infiltración del suelo, debido a que modifica favorablemente algunos factores que actúan sobre ella, como son la permanente cobertura con rastrojos y la acumulación de residuos orgánicos en los primeros centímetros de suelo (Fraschina *et al* 2003)

La pérdida de agua desde el suelo por evaporación es la mayor causa de la baja eficiencia en el uso del agua (Yunusa *et al*, 1993). Por otro lado, el mayor almacenaje de agua edáfica y las menores pérdidas se producen en las labranzas sin remoción del suelo, como la siembra directa (SD), que permiten una mejora en la EUA (Iglesias *et al*, 1996; Krüger, 1996, Buschiazzo *et al*, 1998).

Hipótesis

- Los cultivares de ciclos más largos son más eficientes en el uso del agua, en comparación con los cultivares de ciclos más cortos.
- Los cultivares de CL tienen un mayor consumo de agua que los cultivares de CC y CI.

Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

Evaluar y cuantificar el consumo y la eficiencia en el uso del agua en trigos de diferentes ciclos, en LC y SD.

Materiales y Métodos

Los ensayos se realizaron en la unidad de Módulos de Labranzas en el Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía de la U.N.L.Pam. a 11 Km. al norte de la ciudad de Santa Rosa. (36°46'S 64°16'W), sobre un antecesor girasol en un lote cuyo suelo es un Haplustol éntico. Sus características químicas al momento de la siembra se resumen en la Tabla 2.

Las macroparcelas de 1,2 ha se sembraron en SD y LC el 24 de mayo con Buck Arriero, cultivar de ciclo largo (CL), el 26 de junio con Buck Sureño, de ciclo intermedio (CI) y el 24 de julio de 2007, con Don Mario Onix, cultivar de ciclo corto (CC). La densidad de siembra utilizada fue la necesaria para lograr 180, 230 y 300 plantas por metro cuadrado en los CL, CI, y CC, respectivamente.

Tabla 2: Características de suelo al momento de la siembra

	MO%	P ppm	NO3 ppm	N-NO3 ppm
SD	2,4	26,6	25,2	5,7
LC	1,8	21,9	46	10,4

Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U.N.L.Pam

Todas las macroparcelsas se barbecharon a partir del 10 de febrero, con glifosato, sal IPA 48% 3,5 L ha⁻¹ + coadyuvante 0.15%. Al momento de la siembra recibieron una fertilización con 40 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-0) distribuido uniformemente en todas las hileras. Los estados fenológicos se registraron en base a la escala propuesta por Zadoks *et al* (1974). El control de malezas se realizó en post-emergencia temprana (Z1.2.) con metsulfuron-metil, en dosis de 6 g ha⁻¹.

En cada una de las macroparcelsas se marcaron al azar cuatro puntos de muestreo por tratamiento, en cada uno de los cuales, en los estados Z11, Z31, Z49, Z65 y Z90 se determinó el contenido de humedad de suelo por gravimetría hasta la capa de tosca (1m ± 0.10 m) y a madurez de cosecha se determinó el rendimiento en grano.

No se registraron ataques de plagas insectiles ni enfermedades durante el desarrollo de los cultivos.

Se determinó el uso consuntivo (UC), con la siguiente fórmula (López *et tal*, 1997).

$UC = AU_i + Pp - AU_f$, donde:

UC: Uso Consuntivo

AU_i: agua almacenada en el suelo al inicio del cultivo

AU_f: agua almacenada en el suelo a la cosecha del cultivo

Pp: precipitaciones durante la etapa considerada

No se consideran de significación las pérdidas de agua por escorrentía ya que no ocurrieron lluvias torrenciales, como tampoco se consideran las pérdidas por percolación profunda

debido a la presencia de una capa de tosca. Las lluvias y las temperaturas medias durante el ciclo de los cultivos se presentan en Tabla 3.

Tabla 3. Lluvias y temperatura media mensual.

	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Lluvias (mm)	6,0	5,7	0,1	12,5	108,3	57,6	66,9	23,0
Temperatura media mensual (°C)	8,9	7,2	5,9	7,0	13,2	15,5	17,6	22,0

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

Los datos obtenidos fueron analizados por medio del análisis de la varianza y las medias comparadas por el test de LSD para un valor de $p < 0,05$. Se utilizó para ello el Software Infostat 2008.

Resultados

Se encontró una diferencia significativa para el consumo en las distintas etapas del cultivo en las diferentes labranzas.

En LC, la etapa desde emergencia hasta el primer nudo visible (Z1.1-Z3.1) el cultivar de CC no tuvo diferencias significativas con los cultivares de CI y CL, en cambio el CL presenta diferencias significativas con el CI, consumiendo un 23 % más. En la siguiente etapa, comprendida entre primer nudo visible y primeras aristas visibles (Z3.1-Z4.9) se observa que el CI tiene un mayor consumo que los CC y CL. Desde Z4.9 hasta antesis (Z6.5) el CI tuvo un menor consumo que los otros cultivares, un 65% menos que el CC y un 54% menos que el CL. En la última etapa analizada que llega hasta madurez (Z9.0) el CC no tuvo diferencias significativas con los CI y CL, pero se observa que el CI se diferencia del CL consumiendo un 9 % menos.

Para la SD en la etapa de Z1.1 a Z3.1 se encontraron diferencias significativas para los tres ciclos, el que más consumió fue el CC seguido del CI y el CL, superándolos en un 15% y 56% más respectivamente. En el periodo que va de Z3.1 a Z4.9 se destaca una diferencia significativa del CC con respecto a los demás cultivares, con un consumo de 59 % y 57% menos que el CI y CL respectivamente. Desde Z4.9 hasta antesis (Z6.5) se observa que el CL no difiere en consumo respecto a los CC y CI, pero se advierte que el CI expresa una diferencia significativa con respecto al CC, consumiendo un 44% menos. En la última etapa (Z6.5-Z9.0) se encontraron diferencias significativas en los tres ciclos, se observa que el CL fue el que más consumió de los tres superando en un 17 % al CC y en un 31% al CI. (Tabla 4)

Tabla 4: Consumo de las distintas etapas para los diferentes ciclos, en LC y SD

LC									
CICLO	Z11-Z31		Z31-Z49		Z49-Z65		Z65-Z90		
CORTO	101,51	a b	109,84	b	43,61	a	89,45	a b	
INTERM	108,41	a	136,92	a	15,31	b	87,44	b	
LARGO	83,19	b	114,61	b	33,38	a	96,15	a	
CV	15		7,76		25,57		4,7		
Valor de P	0,091		0,0059		0,0021		0,0431		
SD									
CICLO	Z11-Z31		Z31-Z49		Z49-Z65		Z65-Z90		
CORTO	142,66	a	52,91	b	32,98	a	88,67	b	
INTERM	120,9	b	128,01	a	18,6	b	74,06	c	
LARGO	62,23	c	122,69	a	28,7	a b	106,87	a	
CV	10,91		6,31		31,75		4,49		
Valor de P	<0,0001		<0,0001		0,0991		<0,0001		
Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)									

Al analizar el consumo o el uso consuntivo (UC) en todo el ciclo, desde Z1.1 a Z9.0 en LC se observa que el CC no tuvo diferencias significativas con los cultivares de CI y CL, pero se advierte que el CL consume un 6% menos que el CI.

En SD los resultados estadísticos mostraron que no existen diferencias significativas en cuanto al consumo de agua en los diferentes ciclos. (Tabla 5)

En cuanto a la EUA para la LC se observa que para el CC no hubo diferencias significativas con respecto al CI y el CL, pero si se observa que el CL es más eficiente que el CI. En la SD podemos advertir que el CC fue muy poco eficiente en el uso del agua en comparación con el CI y el CL. (Tabla 5)

Tabla 5: EUA, UC y Rendimiento para los diferentes ciclos en LC y SD

<i>LC</i>	EUA (Kg/mm.ha)			UC Z11-Z90 (mm)			REND (Kg/ha)		
CICLO									
CORTO	11	a	b	344,4	a	b	3771,2	a	
INTERM	10,6		b	348,1	a		3685,5	a	
LARGO	13,2	a		327,3		b	4314,1	a	
CV	12,53			3,22			13,57		
Valor de P	0,0664			0,0547			0,2473		
<i>SD</i>	EUA (Kg/mm.ha)			UC Z11-Z90 (mm)			REND (Kg/ha)		
CICLO									
CORTO	8,9		b	317,2	a		2828,4		c
INTERM	11,9	a		341,6	a		4056,9	a	
LARGO	11,5	a		320,5	a		3685,5		b
CV	6,67			5,25			5,77		
Valor de P	0,0004			0,1484			<0,0001		
<i>Letras distintas indican diferencias significativas (p <= 0,05)</i>									

Conclusiones

En SD no hay diferencias significativas en el consumo de agua o uso consuntivo en los distintos ciclos.

En LC el CI consume más que el CL, por lo que se rechaza la segunda hipótesis dado que en ningún sistema de labranza el CL tuvo un mayor consumo, lo que coincide con los resultados obtenidos por Bredan *et al*, 2008.

En SD la EUA, fue mayor en los CL y CI que en el CC, corroborando la hipótesis que expresa que los ciclos más largos resultan ser más eficientes que los ciclos más cortos, coincidiendo con los resultados obtenidos por Brevedan *et al*, 2008 . Sin embargo, en LC el CL fue más eficiente que el CI pero no tuvo diferencias significativas con el CC.

Bibliografía consultada

- Andrade, F. Cirilo, A Uhart, S. y Otegui, M 1996. Ecofisiología del cultivo del maíz. Editorial del agua en trigos de diferente ciclo sembrados a tres espaciamientos bajo SD en la La Barrosa. Dekalb Press y CERBAS - EEA INTA Balcarce.
- Brevedan R.; Faraldo, M.L.; Mirassón H1.; Fioretti.,M.E; Ferrero, C1; Zingaretti, O.; Dedurana, J.; Fernández, M; Perdignes, R., Sanfilippo, G. “Eficiencia en el uso RPSC”
- Buschiazzo, D.E., J.L. Panigatti y P. W. Unger. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. Soil Till. Res. 49:105-116.
- Castellarín,J. M., Pedrol, R. M. y Andriani, J. 2005. Impacto del ambiente sobre el rendimiento de trigo en la campaña 2004/05 en Oliveros (Santa Fe). EEA Oliveros.
- Dardanelli, J. L.; Pollino, D., Cantarero, M. G. Abbate, P. E. y De Luca, M. 2001. Efecto de la sequía sobre el consumo y la eficiencia en el uso del agua en variedades de trigo. Actas V Congreso Nacional de Trigo. Córdoba.
- Della Maggiorda, A., Gardiol,J. M., Irigoyen, A. 2000. Requerimientos hídricos. En Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Andrade,F. y Sadras, V.O. Editores. Editorial Médica panamericana S.A
- Fisher R. A. y Turner N. C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zone . Ann. Rev. Plant Physiol. 29:277-317.

- Frascina, J. Bainotti, C. y Salines J. 2003. El cultivo de trigo y la siembra directa en la Región Central Norte. Actualización 2003. EEA Marcos Juarez.
- Iglesias-G-J; Galantini-S-J; Rosell-C-R; Miglierina-P-A; y Landriscini-R-M. 1996. “Cambios en la distribución del espacio poroso de un suelo Entic Haplustoll con diferentes secuencias de cultivos de la region semiárida de Argentina”. Agricultura Tecnica Santiago. 1996, 56: 1, 43-48.
- InfoStat 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas Argentina.
- Karrou, M.1998. Observations on effect of seeding pattern on water-use efficiency of durum wheat in semiarid areas of Morocco. Field Crops Res. 59:175-179
- Krüger H, Venazi S. 2010, “El agua y el Rendimiento del Trigo. Algunos Calculos”.
- Krüger H. 1996. En: Labranzas en la Región Semiárida Argentina. Buschiazzo *et al* Eds.. INTA.
- Lopez, M., Arrue, J., 1997. Growth, yield and water use efficiency of winter barley in response to conservation tillage in a semi-arid region of Spain. Soil & Till. Res. 44, 35–54.
- Loss, S. P., Kirby E. J. M., Sidiqqe, K. H. y Perry, M. W. 1989. Grain growth and development of old and modern australian wheats. Field Crop Res. 21:131-146.
- Marshall, G.C. y Ohm, H. W. 1987. Yield responses of 16 winter wheat cultivars to row spacing and seeding rate. Agron. J. 79:1027-1030.
- Passioura; J. 1977. Grain yiel, harvest index and water use of wheat. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 43:117-120

- Robinson, R. G. J. H. Ford, W. E. Lueschen, D.L Rabas, L.J. Smith, D.Warnes y J.V. Wiersma . 1980. Response of sunflower to plant population. *Agron. J.* 72:869-871.
- SAGPyA, 2008. Estimaciones agrícolas. <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/scripts/02/iceral.idc>. Visitada en abril 2008.
- Siddique, K.; R. Belford; M. Perry y D. Tennant. 1989, Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40:473-487
- Slafer G. y F. Andrade. 1993. Physiological attributes related to the generation of grains yield in bread wheat cultivars released at different eras. *Field Crops Res.* 31: 351-367.
- Slafer, G., Miralles, J., Savin, R. Whitechurch y E. Gonzalez, F. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en trigo. En *Producción de granos: bases funcionales para su manejo*. Cap 7 pag 99-132 Ed. Facultad de Agronomía, UBA
- Tompkins, D. K., Fowler D. B. y Wright A.T. 1991. Water use by No-till winter wheat. Influence of seed rate and row spacing. *Agron. J.* 83:766-769.
- Yunusa I.A.M., Belford R.K, Tennant D. y Sedgley R.H. 1993. Row spacing fails to modify. Soil evaporation and grain yield in spring wheat in a dry mediterranean environment. *Austr. J. Agric. Res.*44: 661-676.
- Zadoks, J.C., T.T. Chang y C.F. Konzak. 1974. A decimal code for growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421