

# RIEGO COMPLEMENTARIO EN MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) EN LA REGIÓN DE RÍO CUARTO EMPLEANDO EL PRONÓSTICO CLIMÁTICO EXTENDIDO DE 72 HORAS

Puiatti, J.M.P.; A. R. Rivetti y J. H. Schmalz  
Facultad de Agronomía – Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta 36 – Km 601.  
mpuiatti@ayv.unrc.edu.ar

## RESUMEN

En la evaluación regional de riego con equipos presurizados, se observa que la mayoría de los establecimientos no hacen uso de programas de riego basados en necesidades hídricas, dando lugar a un uso inadecuado de los recursos hídricos. Por ello en el presente trabajo se evalúa la producción de maíz (*Zea mays L.*) bajo riego programado mediante un balance hídrico y considerando el pronóstico climático extendido de 72 horas. La experiencia se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante el ciclo 2005/06 contándose con la información climática de la estación meteorológica instalada en el lugar. En el ensayo se consideró un diseño estadístico en parcelas totalmente al azar con seis repeticiones, siendo los tratamientos considerados:  $T_0$ , sin riego;  $T_1$ , partiendo desde capacidad de campo, se regó durante todo el ciclo, aplicando la lámina necesaria para llevar la humedad del suelo a capacidad de campo cuando se consumían 25 mm, siempre y cuando en el pronóstico extendido de 72 horas, brindado por el Servicio Meteorológico Nacional, no indicara lluvias. En caso de no ocurrencia se aplicaba la lámina indicada.  $T_2$ , partiendo desde capacidad de campo, se regó durante todo el ciclo una lámina de 25 mm cada vez que se alcanzaba el umbral de riego correspondiente. Salvo que el pronóstico previese precipitaciones.  $T_3$ , el riego se realizó considerando tres fases en el ciclo del cultivo. En la fase 1 y 3 se contempló un umbral de riego con un coeficiente de estrés  $K_s$  de 0.80, en la etapa 2, sin estrés ( $K_s = 1$ ). En cada riego se aplicó una lámina de 25 mm cada vez que se alcanzaba el umbral establecido para cada fase. El umbral de riego considerado fue cuando se consumía una proporción (p) del agua totalmente disponible, de acuerdo a la metodología brindada por FAO (Allen et al., 1998). Los resultados de esta experiencia establecen una respuesta significativa al riego complementario, con una producción promedio de los tratamientos bajo riego de 16633 kg.ha<sup>-1</sup>, contra 9024 kg.ha<sup>-1</sup>, para el tratamiento sin riego. Dentro de los tratamientos bajo riego, las láminas aplicadas fueron de 200 mm, 100 mm y 75 mm respectivamente. La precipitación ocurrida en el ciclo fue de 400 mm.

Palabras clave: Riego complementario - Maíz - Aspersión

## INTRODUCCIÓN

El maíz, por su producción de granos, ocupa el primer lugar en el mundo (FAO 2004). Se utiliza como alimento humano y animal, por su gran productividad. El grano es materia prima básica de la industria, del cual se obtiene almidón, aceites, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes y combustibles.

La Argentina se encuentra hoy ubicada como segundo exportador y quinto productor en el ámbito mundial (SAGPyA, 2004). Suero (1995) indica que en la región de la pampa húmeda el área regada sembrada, con cereales y oleaginosas, está creciendo a

una importante tasa anual. A su vez Dardanelli (1994) afirma que el riego complementario en el área central de Córdoba permitirá duplicar el rendimiento de los principales cereales y oleaginosas que se producen.

Además de la importancia que tiene el cultivo de maíz en la República Argentina y en Córdoba, la zona de Río Cuarto ocupa un lugar preponderante en la provincia con el 40% de la superficie sembrada.

En el área agropecuaria del sur de la provincia de Córdoba ha comenzado, en los últimos años, a difundirse la práctica del riego complementario realizándose con equipos presurizados, mayoritariamente pivote central.

El riego es el requerimiento para compensar la pérdida de agua por evapotranspiración cuando la lluvia es insuficiente. El objetivo primario del riego es aplicar la cantidad de agua adecuada en el momento oportuno. Mediante el cálculo del balance diario del agua en el suelo, en la zona de las raíces, puede ser planificadas las láminas a aplicar y sus frecuencias. Para evitar el estrés, el riego debería ser aplicado antes de alcanzar el consumo del agua realmente disponible (Allen et al., 1998) y para evitar la pérdida por percolación, que pueda lixiviar nutrientes relevantes, la profundidad neta de riego debe ser menor o igual a la zona ocupada por las raíces.

La aplicación del riego complementario en diferentes zonas del mundo no sólo ha producido incrementos significativos de rendimientos, sino que también ofrece cierta estabilidad a la producción agropecuaria. Regionalmente se ha demostrado esta importancia en diferentes cultivos, entre ellos el de maíz (Puiatti et al., 1985; Rivetti, 2004).

En la evaluación regional del riego con equipos presurizados (Puiatti et al., 2002), se muestra la mala programación del riego que realizan los establecimientos relevados, encontrándose que la mayoría de los mismos no hacen uso de programas de riego basados en las necesidades hídricas de los cultivos, solo tienen en cuenta la operatividad de los equipos. En esta evaluación queda de manifiesto la muy baja eficiencia de almacenaje del agua en el suelo, que hace que no se obtengan diferencias significativas de producción en relación con los cultivos de secano.

Apoyándose en un programa de riego, es posible ahorrar más de un 20 % de agua (Buchleiter et al., 1996) sin afectar significativamente los rendimientos.

Entre los cereales, el maíz es un cultivo eficiente en el uso del agua, es potencialmente el cultivo de grano de mayor rendimiento. Para obtener una producción máxima, dependiendo del clima, requiere en su ciclo entre 400 y 700 mm (Doorenbos y Pruitt, 1977).

El maíz parece ser relativamente tolerante al déficit de agua durante el periodo vegetativo y el de maduración. Para estimular un desarrollo rápido y profundo de las raíces puede ser ventajoso un agotamiento del agua algo mayor durante los periodos iniciales del desarrollo, Doorenbos y Kassam (1979). El déficit de agua durante el periodo de maduración tiene poco efecto sobre el rendimiento de grano.

La mayor disminución en los rendimientos de grano la ocasiona el déficit de agua durante el periodo de floración incluyendo la formación de la inflorescencia, la formación del estigma y la polinización, debido principalmente a una reducción del número de granos por mazorca (Ferreira y Sellés, 1997).

En el presente trabajo se ha considerado llevar adelante modelos de programación de riego complementario que contemplen una eficiencia en el aprovechamiento del agua de

lluvia. Para ello se hace uso del pronóstico extendido de 72 horas (disponible en todos los medios de comunicación masiva) y la generación en el suelo del espacio necesario para almacenar el agua de las precipitaciones.

La hipótesis planteada es que el riego complementario, utilizando un pronóstico extendido de 72 horas, puede influir en la capacidad de almacenamiento del agua de lluvia en el suelo, reduciendo las pérdidas por escurrimiento y/o precolación, disminuyendo los volúmenes de riego sin afectar la producción.

Siendo por lo tanto los objetivos propuestos los siguientes:

- Lograr programas de riego complementario de alta eficiencia de almacenaje y aprovechamiento del agua de lluvia.
- Abastecer la demanda hídrica de los cultivos mediante programas de riego complementario sobre la base de información fácilmente disponible y de sencillo empleo.
- Evaluar la incidencia del empleo de un umbral de riego variable según etapas del ciclo del cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

Se realizó un análisis físico-químico de suelo a los fines de establecer los requerimientos de fertilización, y la determinación de los parámetros edáficos relacionados con el agua del suelo.

En el Cuadro 1 se muestran los parámetros físico de suelo y los análisis químicos realizados.

**Cuadro N° 1. Parámetros físicos de suelo**

Profundidad Horizontes (mm)	Densidad Aparente (g.cm <sup>-3</sup> )	Humedad gravimétrica (g.g <sup>-1</sup> )		Lámina en Wc (mm)	Lámina en Wm (mm)
		Capacidad de campo (Wc)	Punto de Marchitez (Wm)		
0 - 50	1,23	20,72	8,49	12,74	5,22
51 - 200	1,32	21,72	10,86	43	21,51
201 - 360	1,36	22,19	10,38	48,29	22,59
361 - 600	1,26	19,61	9,09	59,31	27,5
601 - 810	1,26	17,89	8,09	47,34	21,4
811 - 990	1,26	18,52	7,93	42,01	17,99
				252,69	116,21
AU = 136.48					

## Análisis químico

### *Fertilidad del suelo*

Profundidad Horizontes (mm)	P (ppm)	N-NO <sub>3</sub> (ppm)	NO <sub>3</sub> (ppm)
0 - 50	34,00	14,1	62,46
51 - 200	29,00	13,7	60,69
201 - 360		14	62,02
361 - 600		9,3	41,2

Método de Kurtz y Bray I      Reducción por Cadmio

La siembra del cultivo se realizó a comienzos del mes de octubre, con una densidad de 95.000 planta.ha<sup>-1</sup>, con un distanciamiento entre hileras de 0.52 m.

El diseño experimental empleado fue de parcelas totalmente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones, correspondiendo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

donde

$Y_{ij}$ : representa observaciones debida a la  $i$ -ésima repetición ( $i= 1,2,3,4,5,6$ ) del  $j$ -ésimo tratamiento ( $j= 1,2,3,4$ )

$\mu$ : efecto común para todo el experimento, media general

$\tau_j$ : efecto del tratamiento  $j$ -ésimo

$\varepsilon_{ij}$ : error aleatorio presente en la  $i$ -ésima repetición del  $j$ -ésimo tratamiento.

Con la finalidad de efectuar la programación de los diferentes riegos, el ciclo del cultivo fue dividido en las siguientes tres fases o períodos (Nicosia y Martín (h), 1998; Farré et al., 2000 y Rivetti 2004).

1. Desde siembra hasta 12 hojas
2. Desde 12 hojas hasta principio de grano lechoso
3. Desde grano lechoso hasta madurez fisiológica.

Las parcelas experimentales tuvieron una dimensión de 15 m por 30 m. Siendo los tratamientos los siguientes:

**T<sub>0</sub>** sin riego;

**T<sub>1</sub>** Partiendo desde capacidad de campo, se regó durante todo el ciclo, aplicando la lámina necesaria para llevar la humedad del suelo a capacidad de campo cuando se consumían 25 mm, siempre y cuando en el pronóstico extendido de 72 horas brindado por el Servicio Meteorológico Nacional no indicara lluvias. En caso de no ocurrencia se aplicaba la lámina indicada.

**T<sub>2</sub>** Partiendo desde capacidad de campo, se regó durante todo el ciclo una lámina de 25 mm cada vez que se alcanzaba el umbral de riego correspondiente. Salvo que el pronóstico previese precipitaciones.

**T<sub>3</sub>** El riego se realizó considerando las tres fases indicadas precedentemente. En la fase 1 y 3 se contempló un umbral de riego considerando un coeficiente de estrés  $K_s$  de 0.80, en la etapa 2, sin estrés ( $K_s = 1$ ). En cada riego se aplicó una lámina de 25 mm cada vez que se alcanzaba el umbral establecido para cada fase.

El umbral de riego considerado fue cuando se consumía una proporción (p) del agua totalmente disponible, de acuerdo a la metodología brindada por FAO (Allen et al., 1998).

Para maíz

$$p = 0.55 + 0.04 (5 - ET_c)$$

donde

$ET_c$  = evapotranspiración del cultivo.

El coeficiente de estrés ( $K_s$ ) empleado en el Tratamiento T3 fue el establecido por FAO (Allen et al., 1998).

$$K_s = ET_c / (ET_o \times K_c)$$

donde:

$ET_c$  = evapotranspiración del cultivo

$ET_o$  = evapotranspiración del cultivo de referencia

$K_c$  = coeficiente de cultivo

El riego se realizó con un equipo de avance lateral de 87,6 m de longitud de trabajo, con sistema de distribución del agua con tuberías de bajada y emisión mediante difusores con reguladores de presión. El agua es provista por una perforación, con muy buena calidad para riego.

La determinación del momento de riego se realizó mediante un balance del agua en el suelo, regando cada vez que el mismo determinaba el nivel de agotamiento permisible, aportándose la cantidad de agua determinada en los distintos tratamientos.

La información climática necesaria se obtuvo de la Estación Meteorológica instalada en el lugar.

Las variables respuesta evaluadas fueron:

- ❖ la producción de grano cosechado en madurez fisiológica, ajustándose el rendimiento al 14 % de humedad y
- ❖ los componentes de rendimiento (número de granos por  $m^2$  y peso de los 1000 granos).

Se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias, empleando el programa estadístico S.P.S.S. 9.0 para Windows, efectuándose previamente un estudio de normalidad de los datos.

## RESULTADOS

El rendimiento promedio del testigo sin riego fue de 9024 kg.ha<sup>-1</sup> un 46 % menor que el promedio de los diferentes tratamientos bajo riego. Los valores correspondientes a los tratamientos bajo riego variaron entre 17502 kg.ha<sup>-1</sup> y 15799 kg.ha<sup>-1</sup>. El análisis estadístico correspondiente a la producción de grano mostró diferencia significativa al riego, no así entre los tratamientos con riego a pesar de existir una diferencia entre los de mayor y menor rendimiento de 1703 kg.ha<sup>-1</sup>. El mismo comportamiento presentó el número de granos por m<sup>2</sup>, no así el peso promedio de mil granos donde el tratamiento con mayor riego fue el único que marcó diferencia significativa en relación al sin riego.

En el Cuadro 2 se detalla los resultados del análisis estadístico de la producción para cada tratamiento, indicándose valores medios, coeficiente de variación y la diferencia mínima significativa.

**Cuadro 2. Análisis Estadístico de la producción**

	TRATAMIENTOS			
	SIN RIEGO	CON RIEGO		
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
<b>Producción de granos</b>	9024 <b>a</b>	17502 <b>b</b>	15799 <b>b</b>	16597 <b>b</b>
	C.V.= 12.72	C.V.= 5.49	C.V.= 5.32	C.V.= 1.39
	C.V.= 8.86		D.M.S. = 2121	
<b>Nº de granos por m<sup>2</sup></b>	2944 <b>a</b>	5906 <b>b</b>	5652 <b>b</b>	5645 <b>b</b>
	C.V.= 8.1	C.V.= 4.8	C.V.= 2.9	C.V.= 5.89
	C.V.= 4.69		D.M.S. = 381.58	
<b>Peso promedio mil granos (g)</b>	331.3 <b>a</b>	368.1 <b>b</b>	349.3 <b>ab</b>	357.3 <b>ab</b>
	C.V.=3.5	C.V.= 5.7	C.V.=3.0	C.V.=3.7
	C.V.= 4.90		D.M.S. = 27.84	

Valores con la misma letra no presentan diferencia significativa al 0,05 según test de Tukey

Las láminas de riego aplicadas en cada tratamiento fueron T<sub>1</sub>, 200 mm para T<sub>2</sub>, 100 mm y 75 mm para T<sub>3</sub>; las precipitaciones del ciclo fueron de 400 mm, mientras que la evapotranspiración del cultivo fue de 468 mm para el tratamiento sin riego y de 623 mm para los tratamientos sin déficit hídrico.

En el Cuadro 3 se indican los diferentes riegos semanales recibidos y la evapotranspiración del cultivo para igual período en cada uno de los tratamientos.

**Cuadro 3. Riegos aplicados semanalmente, precipitación efectiva y ETC**

Semanas del ciclo	Precip. Efec. (mm)	T0		T1		T2		T3	
		Etc	R	Etc	R	Etc	R	Etc	R
1	0	7,61		11,463		11,463		9,171	
2	43,6	16,68		16,68		16,68		13,34	
3	14	17,58		14,361		14,361		11,49	
4	8	23,67		23,667		23,667		18,93	
5	24	13,29		13,259		13,259		10,61	
6	4	26,78		26,414	25	26,414		21,13	
7	32,8	33,42		33,516	25	33,516	25	26,81	25
8	0	39,89		39,984		39,984		31,99	
9	4	36,18		49,703	25	49,703	25	49,7	
10	16	25,83		56,171	25	56,171		56,17	
11	48,8	19,24		37,576	25	37,576	25	37,58	25
12	2	27,36		38,115	25	38,115		38,12	
13	25,5	28,73		47,355	25	47,355	25	37,88	25
14	67	19,43		30,261		30,261		24,21	
15	3	33,38		34,717	25	34,717		27,77	
16	0	22,25		42,911		42,911		34,33	
17	14	11,63		25,136		25,136		20,11	
18	39,2	17,27		20,167		20,167		16,13	
19	8	21,93		26,208		26,208		20,97	
20	11	14,85		21,272		21,272		17,02	
21	35	11,27		14,591		14,591		11,67	
<b>TOTALES</b>	399,9	468,27	0	623,53	200	623,53	100	535,1	75

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al igual que los resultados obtenidos por Puiatti et al., (1995) de ensayos también realizados en Río cuarto, la respuesta al riego complementario es altamente significativa, lo que hace recomendable esta práctica en la región semiárida y subhúmeda de nuestro país.

Debe quedar en claro que se requiere repetir este ensayo otros años para poder establecer mayores conclusiones, pero de acuerdo a los resultados arrojados en este primer año de experimentación queda evidenciado que se puede realizar ahorro importante de volúmenes de agua empleado para riego complementario en maíz sin afectar de manera significativa los niveles de producción de grano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G. L. S. Pereira, D. Raes y M. Smith.** (1998) **Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** FAO. Irrigation and drainage. Paper 56. Roma. 300 pp.
- Amin, P.W.** (1988) *Insect and mite pests and their control.* Pp.: 393-452. In: P.S. Reddy (ed) Groungnut. Indian Council Agric. Res., New Delhi. India.
- Buchleiter, G.W., D. F. Hermann y R.J. Wenstrom.** (1996) *Economic analysis of on-farm irrigation scheduling.* Evapotranspiration and Irrigation Scheduling. ASAE. Texas.

- Dardanelli, J.** (1994) *Perspectivas del riego suplementario en la región semiárida de Córdoba*. Seminario Nacional Situación actual y Perspectivas de las Áreas Regadas en Argentina. INCYTH – Gobierno de Tucuman – INTA Tucuman. Argentina.
- Doorenbos, J. y A.H. Kassam** (1979) *Yield response to water*. FAO irrigation and drainage. Paper n° 33. Pag. 101-104.
- Doorenbos, J. y W.O. Pruitt.** (1977) *Las necesidades de agua de los cultivos*. Serie Riego y Drenaje. FAO N° 24. Roma.
- FAO.** (2004) *Base de datos estadísticos*. (Versión electrónica: faostat.fao.org).
- Farré, I.; M. van Oijem; P. A. Leffelaar and J. M. Faci.** (2000) *Análisis of Maite growth for different irrigation strategies in northeastern Spain*. *European Journal of Agronomy*. 12:225-238.
- Ferreira E., R. y G. Sellés** (1997) *Manejo del riego en condiciones de restricción hídrica*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Chile), Centro Regional de Investigación La Platina (Santiago). Serie La Platina N° 67, 38 pp.
- Nicosia, M. G. y G. O. Martin (h).** (1998) *Producción de maíz (Parte III). Algunos aspectos relevantes*. Cát. Forrajes y cereales. Fac. de Agronomía y Zootecnia. UNT: Tucumán.
- Puiatti J.M., R. J. Crespi, A. R. Rivetti** (2002) *Riego con equipos presurizados*. Rev. RCA UNCuyo. Tomo XXXIV. N° 2: 27-33.
- Puiatti J.M., R. J. Crespi, A. R. Rivetti, A. Cantero y E. Bonadeo** (1985) *Respuesta del cultivo de maíz (Zea mays L.) al riego y a la fertilización en la zona de Río Cuarto*. XII Congreso Nacional del Agua. Tomo II (b): 15-32. Mendoza. Argentina.
- Rivetti, A.R.** (2004) *Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto – Córdoba – Argentina*. Tesis: Magíster Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 92 pags.
- SAGPyA.** (2004) *Estimaciones Agrícolas*. Buenos Aires. Argentina.
- Suero, E.** (1995) *Consideraciones generales del riego complementario*. Segundo Seminario de Actualización Técnica en Riego. Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. Buenos Aires.
- Smith, J.W. y C.S. Barfield.** (1982) *Management of preharvest insects*. In: Peanut Science and Technology. Eds: Patee H.E. y C.T. Young.
- Van Eeden, C.F.; J. B. Van Rensburg y T.C. De K. Van Der Linde** (1993) *Community structure of groundnut (Arachis hypogaea) pests in the south African Highveld region*. *Phytophylactica* 25: 67-74.