

# DIFERENTES PROGRAMACIONES DEL RIEGO COMPLEMENTARIO EN MAÍZ (*Zea mays L.*) EN LA REGIÓN DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA

Puiatti J. M. P., A. R. Rivetti, V. H. Rotondo, E. Alzugaray, S. Huerta

Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.  
Ruta 36 – km 601 Río Cuarto. Córdoba.  
[mpuiatti@ayv.unrc.edu.ar](mailto:mpuiatti@ayv.unrc.edu.ar)

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de maíz (*Zea mays L.*) bajo diferentes programas de riego y épocas de fertilización. La experiencia se realizó en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante los ciclos 2007/2008 y 2008/2009 con un maíz híbrido Nidera AX 884 CL.

El diseño fue de franjas en bloques con dos factores: Riego y momentos de aplicación de fertilizante. Los tratamientos fueron: **T<sub>0</sub>** Regando todo el ciclo, cuando se consumían 25 mm. **T<sub>1</sub>** Se regó todo el ciclo, cuando se consumían 25 mm, siempre y cuando el pronóstico extendido de 72 horas no indicara lluvias. Se regaba en caso de no ocurrencia. **T<sub>2</sub>**. Se regó todo el ciclo con una lámina de 25 mm, cada vez que se alcanzaba el umbral de riego (UR). Salvo que el pronóstico previera precipitaciones. **T<sub>3</sub>** Se consideraron tres fases: desde siembra hasta 12 hojas, desde 12 hojas hasta principio de grano lechoso y desde grano lechoso hasta madurez fisiológica. En la primera y última se contempló un coeficiente de estrés *K<sub>s</sub>* de 0.60 y en la central, sin estrés. Al alcanzar el umbral en cada fase se aplicó 25 mm. **T<sub>4</sub>** El riego fue considerando un *K<sub>s</sub>* de 0.60, en todo el ciclo. Alcanzado UR se aplicaba 25 mm.

El UR fue el agotamiento del agua realmente disponible según metodología brindada por FAO. Los tratamientos de fertilización (300 kg de urea por ha) fueron: **F<sub>1</sub>** fertilización en el estadio de 6 hojas y **F<sub>2</sub>** fertilización repartida en siembra y estadio de seis hojas. Los resultados obtenidos fueron: primer año **T<sub>0</sub>** 12.372 kg/ha, **T<sub>1</sub>** 11.411 kg/ha, **T<sub>2</sub>** 10.829 kg/ha, **T<sub>3</sub>** 11.408 kg/ha y **T<sub>4</sub>** 11.879 kg/ha; y segundo año: **T<sub>0</sub>** 13.556 kg/ha, **T<sub>1</sub>** 14.220 kg/ha, **T<sub>2</sub>** 13.529 kg/ha, **T<sub>3</sub>** 12.746 kg/ha y **T<sub>4</sub>** 12.307 kg/ha. Presentó significancia estadística el tratamiento **T<sub>2</sub>** con respecto **T<sub>0</sub>** y **T<sub>4</sub>** en el primer año, mientras que en el segundo año fue significativo el tratamiento **T<sub>1</sub>** en relación a **T<sub>4</sub>**. El momento de aplicación del fertilizante no fue estadísticamente significativo en ninguno de los dos años.

## INTRODUCCION

El maíz representa uno de los aportes más valiosos a la seguridad alimentaria mundial, ubicándose a nivel de importancia en el tercer puesto después del arroz y el trigo, que junto a estos son considerados como las tres gramíneas más cultivadas en el mundo (Andrade et al., 1996).

A nivel internacional, la estimación de producción total de maíz para la campaña 2007/08 es de aproximadamente 766 millones de toneladas, 70 millones por encima de 2006/07, donde la mayor producción estimada estaría a favor de EEUU con aproximadamente 338 millones de toneladas (SAGPyA, 2007).

Argentina es el quinto país productor y se ubica como segundo exportador a nivel mundial (SAGPyA, 2007).

Es uno de los principales cultivos en nuestro país, centrándose como zona núcleo la Pampa Húmeda.

Además de la importancia que tiene el cultivo de maíz en la Republica Argentina y en Córdoba, la zona de Río Cuarto ocupa un lugar preponderante en la provincia ya que el 40% de la superficie sembrada corresponde a esta zona.

El agregado de tecnología permite obtener mayores niveles de respuesta en los rendimientos (Lorenzatti, 2001).

Un estrés hídrico en floración reduce la eficiencia de conversión en biomasa de la radiación interceptada, y posiblemente la intercepción de radiación y la partición de materia seca a espigas. Como consecuencia, aumenta el aborto de estructuras reproductivas y disminuye la producción final de grano. En este contexto, el hecho de contar con mayor cantidad de agua disponible durante el ciclo del cultivo reduce el impacto de períodos de sequía, atenuando su efecto sobre la producción (Lorenzatti, 2001).

El riego permite evitar deficiencias hídricas, lo que hace posible mantener el rendimiento a niveles óptimos, siempre que los demás factores no sean limitantes. El empleo del riego no descarta, sino requiere, el uso adecuado de las demás medidas de manejo, y no siempre resulta económicamente viable (Marozzi *et al.*, 2005).

El consumo de agua de los cultivos está directamente influenciado por las condiciones ambientales que se dan en cada campaña. Entre las variables que más influyen están la temperatura, radiación solar, humedad relativa y viento (Caviglia y Paparotti., 1999).

La eficiencia del uso del agua (EUA) para el cultivo de maíz oscila entre 19 y 25 kg de grano.ha<sup>-1</sup> por mm de agua consumido (Caviglia y Paparotti, 1999). Según Rivetti, (2006), para el mismo híbrido y en la zona de Río Cuarto, la eficiencia del uso de agua varió entre 27 y 29 kg.ha<sup>-1</sup> por mm de agua consumida. Para obtener una producción máxima, requiere en su ciclo entre 400 y 700 mm dependiendo del clima (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Otro factor básico en la producción de maíz es la fertilización, la cual es una tecnología importante en la siembra directa, ya que al ser un cultivo de alto potencial de rendimiento demanda una abundante provisión de nutrientes (Gambaudo y Fontanetto, 1996).

La disponibilidad de N en la región pampeana es uno de los factores edáficos que con mayor frecuencia y en condiciones de adecuada disponibilidad hídrica, restringe el logro de altos rendimientos en maíz. La respuesta del cultivo a las aplicaciones de N depende de factores

edáficos, climáticos y de manejo (Quiroga *et al.*, 2003). En sistemas de siembra directa, la menor mineralización de la materia orgánica y la inmovilización generada por los residuos acentúa esta deficiencia nutricional (Rice y Smith, 1984).

La dosis y el momento de aplicación de fertilizantes nitrogenados son factores importantes en la eficiencia del nitrógeno (Jokela y Randall, 1989).

El propósito del siguiente trabajo es evaluar la variación del rendimiento en la producción de granos mediante la aplicación de diferentes programaciones de riego complementario para lograr un uso eficiente del recurso hídrico en un marco agrícola sustentable.

## MATERIALES Y METODOS

La experiencia se desarrolló en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, situado sobre Ruta 36, km 601, Río Cuarto. Su ubicación geográfica es 33° 07' LS, 64° 14' LO y a 421 m snm. Perteneciendo a la Unidad Ambiental Llanura Subhúmeda bien drenada, con suelos, en su mayoría, Hapludoles típicos, sin problemas de drenaje interno o externo, caracterizándose por un relieve plano, con pendientes menores al 2%, y bien desarrollados, sobre materiales loésicos, franco-arenosos (Cantero *et al.*, 1998).

El clima es templado-subhúmedo, con una media anual de precipitaciones de 805,1 mm (serie 1977-2006), concentrándose entre los meses de octubre y abril. El régimen térmico es templado-mesotermal.

Los parámetros edáficos relacionados con el agua del suelo se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Parámetros edáficos**

Horizontes	Densidad Aparente (PEA) g.cm <sup>-3</sup>	Humedad a Cap. de Campo (g.g <sup>-1</sup> )	Humedad a Punto de Marchitez (g.g <sup>-1</sup> ) 1)	Lámina en Wc (mm)	Lámina en Wm (mm)
<b>Ap1</b>	1,30	21,53	9,33	13,99	6,06
<b>Ap2</b>	1,32	20,23	8,97	24,03	10,66
<b>Ad</b>	1,40	19,05	9,15	21,34	10,25
<b>Bw1</b>	1,39	19,70	9,14	35,60	16,52
<b>Bw2</b>	1,28	18,15	9,09	32,54	16,29
<b>BC</b>	1,30	16,77	8,21	37,06	18,14
<b>C</b>	1,29	16,52	7,42	34,10	15,31
<b>Ck</b>	1,30	16,65	7,48	38,96	17,50
				<b>237,63</b>	<b>110,73</b>

**Agua útil: 126.90 mm**

El ensayo se llevó a cabo durante los ciclos agrícolas 2007-2008 y 2008-2009, utilizando un híbrido simple de maíz (NIDERA AX 884 CL). La siembra del cultivo se realizó el 7 de diciembre de 2007 <sup>1</sup>, en el primer ciclo y el 5 de octubre de 2008, en el segundo ciclo, en siembra directa, con una densidad de 100.000 semillas.ha<sup>-1</sup> y con un distanciamiento entre hileras de 0.52 m.

El diseño experimental fue de franjas en bloques con dos factores:

<sup>1</sup> El retraso de la fecha de siembra prevista para los primeros días de Octubre se debió a problemas técnicos existentes en el equipo de riego.

- Factor 1: Riego con 5 niveles.
- Factor 2: Fertilización con 2 niveles.

Se realizaron 5 repeticiones (Bloques).

Los tratamientos de riego fueron los siguientes:

**T<sub>0</sub>:** Testigo; partiendo de capacidad de campo, se regó durante todo el ciclo, efectuándose la reposición cuando se consumieron 25 mm.

**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 indicaba lluvias. En caso de no ocurrencia se aplicó la lámina correspondiente.

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

**T<sub>3</sub>:** El riego se realizó considerando tres fases, Fase 1: desde siembra hasta 12 hojas, Fase 2: desde 12 hojas hasta principio de grano lechoso y Fase 3: desde grano lechoso hasta madurez fisiológica. En la fase 1 y 3 se contempló un umbral de riego considerando un coeficiente de estrés  $K_s$  de 0.60, en la etapa 2, sin estrés ( $K_s = 1$ ). Al alcanzar el umbral establecido para cada fase se aplicó una lámina de 25 mm.

**T<sub>4</sub>:** El riego se realizó considerando un coeficiente de estrés  $K_s$  de 0.60, en todo el ciclo. Cada vez que se alcanzaba el umbral establecido se aplicó una lámina de riego de 25 mm.

Los tratamientos de fertilización fueron:

**F1:** Fertilización nitrogenada completa en el estadio fenológico de 6 hojas (V6).

**F2:** Fertilización nitrogenada repartida en siembra y estadio fenológico de 6 hojas (V6).

La fertilización se realizó al voleo de forma manual con Urea (46% de N), aplicando 300 kg.ha<sup>-1</sup> en F1 y en F2, 100 kg.ha<sup>-1</sup> en la siembra y 200 kg.ha<sup>-1</sup> en V6.

El umbral de riego considerado fue cuando se producía el agotamiento del agua realmente disponible, que es una proporción ( $p$ ) del agua totalmente disponible (1), de acuerdo a la metodología brindada por FAO (Allen *et al.*, 1998).

Para maíz:

$$p = 0.55 + 0.04 (5 - ETc) \quad (1)$$

donde:

ETc = evapotranspiración del cultivo (mm) ( $ETc = ETo \times Kc \times Ks$ )

Eto = evapotranspiración del cultivo de referencia (mm)

Kc = coeficiente de cultivo

Ks = coeficiente de estrés

Para la determinación de la ETo se utilizó la Ecuación de Penman- Monteith FAO (Allen et al., 1998). Los datos climáticos necesarios se obtuvieron de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, ubicada en el campo experimental donde se realizó el ensayo.

El coeficiente de cultivo (Kc) que se utilizó fue el que se obtuvo en la campaña 2001/02, en el mismo campo experimental de este ensayo (Rivetti, 2006).

El momento oportuno de riego se determinó en base a un balance de agua del suelo (2), expresado en términos de agotamiento del agua en el suelo al final de cada día:

$$D_{ri} = D_{ri-1} - P_i - R_i + ETc_i + Pp_i \quad (2)$$

donde:

- $D_{ri}$  : agotamiento al final del día i (mm)
- $D_{ri-1}$  : agotamiento al final del día i-1 (mm)
- $P_i$  : precipitación efectiva del día i (mm)
- $R_i$  : riego del día i (mm)
- $ETc_i$  : evapotranspiración del cultivo del día i (mm)
- $Pp_i$  : percolación profunda del día i (mm)

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 variable respuesta evaluada fue: producción de grano cosechado en madurez fisiológica, ajustándose el rendimiento al 14% de humedad.

La cosecha, de cada tratamiento y repetición, se realizó manualmente el 21 de abril de 2008 y el 3 de marzo de 2009, respectivamente, cuando el cultivo se encontraba en el estado fenológico de madurez fisiológica. La trilla se efectuó con una máquina trilladora estacionaria.

La eficiencia de uso del agua (EUA) (3) representa el rendimiento de grano por unidad de agua usada por el cultivo. Se utilizó, para su obtención, lo sugerido por Tanner y Sinclair (1983) (Citado en: Hatfield *et al.*, 2001), quienes resumieron las distintas formas que pueden ser usadas para caracterizarla de la siguiente manera:

$$EUA = \frac{Y}{ET} \quad (3)$$

donde:

- EUA: eficiencia de uso del agua ( $\text{gr.m}^{-2}.\text{mm}^{-1}$ )
- Y: rendimiento de grano del cultivo ( $\text{gr.m}^{-2}$ )
- ET: evapotranspiración del cultivo (mm), obtenida desde el balance de agua

Empleando el software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2002) se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias, efectuándose previamente un estudio de normalidad de los datos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se observa los rendimientos de grano de los diferentes tratamientos correspondientes a los dos ciclos agrícolas evaluados.

**Tabla 2. Análisis Estadístico de la producción de grano en función del programa de riego (kg/ha)**

CICLO	TRATAMIENTOS				
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
2007/2008	12372 <b>b</b>	11411 <b>a b</b>	10829 <b>a</b>	11408 <b>a b</b>	11879 <b>b</b>
	C.V. = 6.63		D.M.S. = 977		
2008/2009	13556 <b>a b</b>	14220 <b>b</b>	13529 <b>a b</b>	12746 <b>a b</b>	12307 <b>a</b>
	C.V. = 10.81		D.M.S. = 1825		

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

En el análisis de varianza se presentaron diferencias estadísticas significativas a un nivel del 5% entre los tratamientos de riego. Apreciándose estas diferencias entre los tratamientos T<sub>0</sub> y T<sub>4</sub> con respecto a T<sub>2</sub> (menor valor) en el primer año, mientras que en el segundo ciclo analizado, se observó significancia estadística solo entre el T<sub>1</sub> y T<sub>4</sub>.

Rendimientos similares se obtuvieron en la Provincia de Buenos Aires en lotes sembrados con el híbrido Nidera AX 882 (híbrido muy similar al utilizado en este ensayo) donde se obtuvieron rendimientos entre 10000 y 13400 Kg.ha<sup>-1</sup> cultivados en secano pero con un promedio de 550 mm de precipitación (Weilenmann de Tau et al., 2002).

En cuanto a los tratamientos de fertilización no se encontró diferencias estadísticamente significativas de producción de granos entre los tratamientos F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>. (Tabla 3) en ninguno de los dos años. No hubo interacción entre los factores Riego y Fertilización, actúan en forma *independiente* para la variable en estudio (rendimiento).

**Tabla 3. Análisis Estadístico de la producción de granos en función de la fertilización nitrogenada (kg/ha)**

CICLO	TRATAMIENTOS	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
2007/2008	11693 <b>a</b>	11467 <b>a</b>
	C.V. = 7.81	D.M.S. = 977
2008/2009	13437 <b>a</b>	13093 <b>a</b>
	C.V. = 6.63	D.M.S. = 977

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Los efectos sobre el rendimiento fueron indistintos en cuanto al momento de aplicación del fertilizante. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Barraco y Díaz – Zorita, (2005) pero difieren de los encontrados por Ferrari et al., (2001) en suelos de texturas similares en los que las aplicaciones en V6 resultaron en mayores rendimientos que las realizadas en el momento de la siembra.

## **- Balance Hídrico**

A lo largo del ciclo del cultivo se realizaron diferentes riegos complementarios según los tratamientos con una lámina de 25 mm cada uno. El período crítico del cultivo tuvo una duración aproximada de 5 semanas, encontrándose entre la semana 8 y fines de la 12.

En las Tablas 4 y 5 se indican los diferentes riegos realizados, la evapotranspiración del cultivo, la precipitación efectiva y la percolación ocurrida durante el ciclo del cultivo.

**Tabla 4. Balance hídrico – Ciclo 2007/2008**

Semana	Etc (mm)					Riegos (mm)					Percolación (mm)					Pppt (mm)				
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>					
1	23	23	23	23	23															
2	22	22	22	22	22												20			
3	15	15	15	15	15						27	27	27	27	27	62				
4	22	22	22	22	22						21	21	21	21	21	23				
5	21	24	24	21	21	25					37	8	8	12	12	53				
6	26	29	29	29	29											1				
7	26	29	29	29	29						21	16	16	16	16	67				
8	22	24	24	24	24						62	59	59	59	59	89				
9	35	38	38	38	35						7	6	6	6	6	33				
10	38	38	38	31	31	25	25									4				
11	35	35	35	28	28						4	1				44				
12	27	27	27	25	23	25	25	25	25	25						7				
13	31	31	31	25	19	25	25	25	25											
14	24	24	24	24	16						7	7		5		33				
15	27	26	26	26	26	25	25									7				
16	22	20	20	20	20						13	15				37				
17	15	14	14	14	14						44	45	17	35	30	55				
18	17	16	16	16	16											7				
19	10	9	9	9	9															
20	8	7	7	7	7															
<b>Total</b>	<b>466</b>	<b>475</b>	<b>475</b>	<b>450</b>	<b>431</b>	<b>125</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>25</b>	<b>242</b>	<b>205</b>	<b>155</b>	<b>180</b>	<b>171</b>	<b>540</b>				

En el balance hídrico se observa que el tratamiento T<sub>0</sub>, que no tiene en cuenta el pronóstico de lluvia, requirió una lámina total de riego mayor en los dos ciclos, por otra parte este tratamiento presentó una percolación superior al resto de los tratamientos en los dos años.

La evapotranspiración promedio del primer año fue de 459 mm y en el segundo 623 mm coincidiendo con lo expresado por Doorenbos y Pruitt (1977). El menor valor del primer ciclo analizado se debió a la fecha tardía de siembra.

**Tabla 5. Ciclo 2008/2009**

Semana	Etc (mm)					Riegos (mm)					Percolación (mm)					Pptt (mm)
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	
1	19	19	19	19	19											16
2	11	11	11	11	11						5	5	5	5	5	10
3	18	18	18	15	15											1
4	22	22	22	17	17	25	25	25								
5	27	27	27	24	24				25	25						14
6	31	31	31	20	20	50	50	50	25	25						4
7	49	49	49	37	37	50	25	25	25	25	7					19
8	26	26	26	26	26						70	52	52	61	61	93
9	41	41	41	41	41	25										11
10	33	33	33	33	33											32
11	38	38	38	38	38						5					52
12	40	40	40	40	40						21					37
13	35	35	35	35	35											39
14	41	41	41	41	41	50	25									3
15	42	42	42	34	34											25
16	45	45	45	32	32	25	50	25	25	25						26
17	29	29	29	29	29											28
18	30	30	30	30	30	25					3					17
19	29	29	29	29	29		25	25			4					22
20	20	20	20	14	14											26
21	22	22	22	19	19											
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>648</b>	<b>648</b>	<b>586</b>	<b>586</b>	<b>250</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>114</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>475</b>

**- Eficiencia de uso del agua (EUA)**

La eficiencia del uso del agua para rendimiento en grano se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6. Eficiencia del uso del agua.**

Trat	Etc (mm)		Rendimiento (kg. ha <sup>-1</sup> )		Rendimiento (gr. m <sup>-2</sup> )		EUA (gr.m <sup>-2</sup> . mm <sup>-1</sup> )	
	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09	2007/08	2008/09
T <sub>0</sub>	466	648	12372	13553	1237,2	1355,3	2,65 a	2,10 a
T <sub>1</sub>	475	648	11411	14220	1141,1	1422,0	2,40 a	2,20 a
T <sub>2</sub>	475	648	10829	13520	1082,9	1352,0	2,25 a	2,07 a
T <sub>3</sub>	450	586	11408	12746	1140,8	1274,6	2,45 a	2,17 a
T <sub>4</sub>	431	586	11879	12307	1187,9	1230,7	2,71 a	2,09 a

Nota: 1 gr.m<sup>-2</sup>.mm<sup>-1</sup> = 1 kg.m<sup>-3</sup>. Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0.05)

La Eficiencia del uso de agua para rendimiento en grano alcanzó valores comprendidos entre 2,25 y 2,71 kg.m<sup>-3</sup>, con un promedio entre tratamiento de 2,49 kg.m<sup>-3</sup>, en el primer año y en el segundo entre 2,07 y 2,20 kg.m<sup>-3</sup> con 2,13 kg.m<sup>-3</sup> de promedio, resultados muy similares a los obtenidos por Schmalz (2007) y Rivetti (2006) utilizando el mismo híbrido y en el mismo campo experimental, con un promedio entre tratamientos de 2,57 kg.m<sup>-3</sup> y 2,7 kg.m<sup>-3</sup> respectivamente.



Analizando los resultados de EUA obtenidos se puede observar que en general aumentan cuando disminuye la evapotranspiración del cultivo (ETc) coincidiendo con lo expuesto por otros estudios realizados (Kang et al., 2000; Karam et al., 2003).

## CONCLUSIONES

El considerar el pronóstico de precipitación extendido de 72 horas, permite un ahorro de agua para riego sin afectar la producción de granos. Además disminuye la percolación evitando lixiviación de nutrientes.

Al no haber diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización se concluye que la fertilización nitrogenada, independientemente del momento de aplicación, es una práctica relevante para el logro de cultivos de maíz de alta producción.

La eficiencia del uso del agua no presentó diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los dos años evaluados.

La eficiencia del uso del agua obtenida en el presente trabajo indica que el cultivo del maíz bajo riego produce, en promedio, 2,30 gr.m<sup>-2</sup> por cada mm de agua consumida.

## BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Andrade, F.; A. Cirilo; S. Uhart y M. Otegui (1996) *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial La Barrosa. Balcarce. Buenos Aires. 292pp.
- Barraco M. y M. Díaz – Zorita (2005) “Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en haplodoles típicos”. EEA INTA General Villegas. Cátedra de Cereales. UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Cantero A.; M.P. Cantu; J.M. Cisneros; J.J. Cantero; M. Blarasin; A. Degioanni; J. Gonzalez; V. Becerra; H. Gil; J. De Prada; S. Degioanni; C. Cholaky; M. Villegas; A. Cabrera y C. Eric (1998) *Las tierras y aguas del Sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable*. UNRC. 119 pp.
- Caviglia y Paparotti -AAPRESID (1999) “Maíz en SD”. Jornadas de intercambio técnico de maíz. Agua, Pág. 19-33.
- Di Rienzo, J. A.; M. Balzarini; F. Casanoves; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo (2002) *InfoStat. Profesional versión 1.1*. Cátedra de Estadística y Diseño. UNC.
- Doorenbos, J. y W.O. Pruitt (1977) *Las necesidades de agua de los cultivos*. Serie Riego y Drenaje. FAO N° 24. Roma.
- Ferrari M.C.; J.J. Ostojic; G.N. Ferraris; L.A. Ventimiglia; H.C. Carta y S.N. Rillo (2001) “Momento de aplicación de fertilizante nitrogenado en maíz de siembra directa”. VII Congreso Nacional de Maíz. Pergamino 7 al 9 de noviembre de 2001.
- Gambaudo S. y H. Fontanetto (1996) “Fertilización en maíz. Información para extensión”. EEA INTA Rafaela, Santa Fe, Argentina.
- Hatfield, J.L.; T.J. Sauer; y J.H. Prueger (2001) “Managing soils to achieve greater water use efficiency. A review”. *Agronomy Journal* 93:271-280.
- Jokela W.E. y G. W. Randall (1989) “Corn yield and residual soil nitrate as affected by time and rate of nitrogen application”. *Agronomy Journal* 81: 720-726.

- Kang, S.; W. Shi y J. Zhang** (2000) “*An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation*”. *Field Crops Research* 67: 207-214.
- Karam, F.; J. Breidy; C. Stephan y J. Rouphael** (2003) “*Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon*”. *Agricultural Water Management* 63: 125-137.
- Lorenzatti S.** (2001) “*El Cultivo de maíz en siembra directa*”. AAPRESID.
- Marozzi, D.G; G.D Debortoli; M. Mendez y H. Currie** (2005) “*Determinación de algunos indicadores de rendimiento en el cultivo de maíz bajo dos sistemas de riego*”. Cátedra de Hidrología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE.
- Quiroga, A; D. Funaro; O. Ormeño; A. Bono y C. Scianca** (2003) “*Manejo del agua para los cultivos de girasol y maíz en suelos de las regiones semiárida y subhúmeda pampeana. Cultivos de Cosecha Gruesa*”. Actualización 2003. Boletín de Divulgación Técnica N° 77. EEA INTA Anguil. 264 pp.
- Rice, S.W. y M.S. Smith** (1984) “*Short-term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils*”. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 48: 295-297.
- Rivetti, A.R.** (2006) “*Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. I. Rendimiento en grano de maíz y sus componentes*”. *Revista FCA. UNCuyo.* Tomo XXXVIII. N°2: 25-36.
- Schmalz H.J.** (2007) “*Respuesta del cultivo de maíz a diferentes modelos de riego complementario*”. Tesis de grado. FAV. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. 21 pp.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación (SAGPyA)** (2007) “*Estimaciones Agrícolas*”. Buenos Aires. Argentina.
- Weilenmann De Tau M. E.; W. Suárez; M. Ferreiro y M. Piersanti** (2002) “*Evaluación de híbridos de maíz. Ensayos comparativos de rendimiento*”. Estación Experimental Balcarce. INTA Balcarce. Buenos Aires.