

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
SECRETARIA ACADEMICA

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA ZONA DE
RÍO CUARTO EN SECANO Y BAJO RIEGO

PROYECTO FINAL
Para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

Rodolfo Maximiliano Delgado Daneri

Director: Ing. Agr. Ms.Cs Juan Mateo Pedro Puiatti

Codirector: Ing. Agr. Ana Rosa Rivetti

Río Cuarto, Córdoba, Argentina, 2007

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título Del Trabajo Final: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL
CULTIVO DE MAÍZ PARA LA ZONA DE RIO CUARTO
EN SECANO Y BAJO RIEGO**

Autor: RODOLFO MAXIMILIANO DELGADO DANERI

**Director: Ing. Agr. M. Sc. JUAN MATEO PEDRO PUIATTI
Co-Director: Ing. Agr. M. Sc. ANA ROSA RIVETTI**

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

(Nombres)

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

Para todas las personas que me acompañaron a lo largo de mi vida, y me apoyaron, en los malos y buenos momentos que me tocaron vivir.

AGRADECIMIENTO

Para todas las personas que con su esfuerzo me brindaron esta posibilidad y me acompañaron en toda mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
Portada	I
Certificado de Aprobación	II
Dedicatoria	III
Agradecimientos	IV
Índice	V
Resumen	VII
Summary	VIII
Introducción.....	1
Hipótesis de Trabajo	3
Objetivos	3
Materiales y Métodos	4
Resultados y Discusión.....	10
Conclusiones	13
Bibliografía.....	14
Anexo	16

ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Páginas</i>
Figura N° 1: Precipitaciones y Evapotranspiración medias normales (1974-1993) para Río Cuarto.....	4
Figura N° 2: Humedad Relativa y Viento medias normales (1974-1993) para Río Cuarto.....	5
Figura N° 3: Equipo de riego en la parcela de trabajo.....	7
Figura N° 4: Coeficiente de cultivo (Kc) inicial cuando la lámina es menor de 10 mm	8
Figura N° 5: Coeficiente de cultivo (Kc) inicial cuando la lámina es mayor de 40 mm.....	8
Figura N 6: Coeficiente obtenido para los diferentes tratamientos.....	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Labores realizadas en la parcela experimental.....	6
Tabla N° 2: Coeficiente de cultivo (Kc) correspondiente al cultivo de maíz en la fase de mediados del periodo (3) y en la fase final (4).....	9
Tabla N° 3: Fenología del cultivo de Maíz.....	7

ANEXOS

Tabla N° 1: Balance hidrológico de la Ciudad de Río Cuarto (1974-1993).....16

Tabla N° 2: Temperatura, precipitaciones y velocidad del viento de Octubre 2001 hasta marzo
2002 para Río Cuarto.....17

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el ciclo agrícola 2001-2002, en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto, cuya ubicación geográfica es 33° 07' LS, 64° 14' LO y a 420 m s n m. Los suelos de esta región son Hapludoles típicos, sin presentar problemas de drenaje interno o externo. Se utilizó un híbrido de maíz Nidera (AX884) con una densidad de siembra de 80.000 plantas/ha. El objetivo de este trabajo fue determinar las curvas del coeficiente de cultivo para maíz con riego y sin riego y obtener la fenología del cultivo con y sin restricciones hídricas. El diseño experimental utilizado fue de parcelas completamente al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones. El tratamiento 1 (T1) se consideró el riego en todo el ciclo, llevando la humedad a capacidad de campo y realizando la reposición al consumirse una lámina de 30 mm, el T2 fue el testigo sujeto sólo al aporte hídrico de las precipitaciones. La longitud del ciclo del cultivo no se vio influenciada por el riego cumpliéndose en ambos tratamientos en 141 días, esto se estima como producto de las favorables precipitaciones ocurridas durante el período crítico. Los valores de Kc sólo tuvieron diferencia en las fases inicial y de desarrollo siendo los valores para el T1: 0.75 y 1.1 respectivamente y para el T2: 0.47 y 1.1 respectivamente.

SUMMARY

The present work was done during the agricultural cycle 2001-2002, in the experimental field of the National University of Río Cuarto, which is geographically located at 33° 07' S.L. 64° 14' W.L. and at 420 m over sea level. The soils of this region are standard Hapludoles, without internal or external drainage problems. A hybrid maize Nidera (AX884) was used, with a density of 80.000 plants/hectare. The object of this work was to determine the coefficient curves of maize cultivation with irrigation and without irrigation, and to obtain the phenology of the cultivation with or without water stress or deficit. A randomized complete design with two treatments and four repetitions was used. In treatment n.1(T1) irrigation was used during the whole cycle, when 30mm of soil water content at field capacity were consumed, the T2 was only dependent on rain water. The length of the cultivation cycle was not influenced by irrigation, with duration of 141 days in both treatments, estimated as the result of the favourable rains took place during the critical period. The Kc values only differed on stages 1 and 2 with the values for T1: 0.75 and 1.1, and for T2: 0.45 and 1.1 respectively.

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DEL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA ZONA DE RÍO CUARTO EN SECAÑO Y BAJO RIEGO.

INTRODUCCIÓN

El origen de la planta de maíz (*Zea mays L.*) sigue siendo hoy un misterio. Solamente se puede afirmar que era el alimento básico de las culturas Americanas muchos siglos antes de que los europeos llegaran al nuevo mundo (Della Valle y Pescio, 2001).

Excavaciones geológicas, arqueológicas y dataciones por el método del Carbono 14 realizadas sobre espigas de maíz encontradas en cuevas indican que uno de los tipos de maíz primitivo era consumido en México hace 7000 años.

En Argentina, en la última década, se mantuvo constante el área sembrada de maíz en alrededor de 3.500.000 ha, pero el rendimiento creció en 226 % (de 2700 kg.ha⁻¹ en la década del 70 a 6100 kg.ha⁻¹ en el ciclo 2003/04) (SAGPyA, 2004).

En el área de Río Cuarto es uno de los cultivos de mayor importancia por su superficie sembrada e incidencia económica en la actividad agropecuaria regional.

En el cultivo de maíz, la obtención de grano cosechable al final de la estación de crecimiento es el resultado de dos procesos simultáneos e interdependientes: el crecimiento y el desarrollo.

Estos procesos están relacionados linealmente con la temperatura necesaria para cumplir con las distintas fenofases del ciclo del cultivo respondiendo a un rango térmico que va desde una temperatura base mínima ($T_b = 8^{\circ}\text{C}$), por debajo de la cual la velocidad de desarrollo es nula, y una óptima ($T_o = 34^{\circ}\text{C}$) donde alcanza la máxima velocidad de desarrollo. Por encima de esta el desarrollo se reduce progresivamente hasta detenerse al alcanzar una temperatura máxima ($T_M = 44^{\circ}\text{C}$) (Blacklow, 1972; Kiniry y Bonhomme, 1991).

Las distintas fases de desarrollo por las que atraviesa el cultivo provocan, a medida que transcurre el tiempo, cambios fundamentales en la morfología y fisiología de la planta. Como producto de estos cambios se pueden distinguir dos grandes etapas en el cultivo, la vegetativa y la reproductiva, con diferentes estadios dentro de cada una de ellas (Ritchie y Hanway, 1993) dependiendo del número de hojas y de los cambios en los órganos reproductivos.

El maíz tiene distintos requerimientos de agua en las diferentes etapas de su ciclo. Estos requerimientos no siempre son cubiertos por las precipitaciones, por lo tanto el riego es importante para su desarrollo.

Las necesidades hídricas del cultivo se pueden determinar a través de la evapotranspiración o sea la suma de la evaporación (E_v) de la superficie del suelo y la transpiración (T) del cultivo. Es particular para cada vegetal y se obtiene multiplicando la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{to}) por el coeficiente de cultivo (K_c).

El coeficiente de cultivo depende de las características anátomo-morfológicas y fisiológicas de la especie y expresa la variación de su capacidad para extraer agua del suelo durante su ciclo. Se deben escoger los valores apropiados de Kc en los que se tiene en cuenta las características del cultivo, el momento de la plantación o de la siembra y las fases del desarrollo del mismo (Grassi,1998).

Son importantes, también, las condiciones climáticas generales, en especial el viento y la humedad relativa, sobre todo porque después de la temperatura, el viento es lo que más repercutirá en la tasa de transpiración debido al grado de turbulencia del aire sobre la superficie sombreada por el cultivo. La tasa de transpiración es más alta cuando los vientos son secos, en comparación con los húmedos. También es importante la frecuencia de la lluvia y/o del riego (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Los coeficientes pueden tener, sin embargo, inexactitudes debidas a los muchos factores que intervienen y a los problemas con los que tropiezan hoy en día las investigaciones aplicadas, como por ejemplo el aprovechamiento del agua por los cultivos, tamaño de las parcelas experimentales, entre otros (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) varían en un rango aproximado de 0.2 a 1.3. El valor inicial de Kc, para un suelo bien húmedo con poca vegetación, es aproximadamente 0.35. A medida que la vegetación crece el Kc se incrementa hasta un valor máximo, pudiendo ser mayor que 1 para cultivos con una importante cobertura vegetal, como el maíz. A medida que el cultivo madura su requerimiento de humedad disminuye, disminuyendo también el Kc (Chow *et al.*, 1994).

Los valores de Kc aumentan a medida que lo hacen el índice de área foliar y el cubrimiento del suelo por parte del cultivo, alcanzando los valores máximos. A medida que el cultivo avanza en su ciclo biológico y empieza la senescencia foliar los valores de Kc decrecen hasta alcanzar cifras de 0.25 – 0.30 cuando apenas quedan hojas verdes (Doorenbos y Pruitt, 1977).

El coeficiente de cultivo aumenta cuando se riega o llueve, si bien esto ocurre a los 2 – 3 días siguientes, en una cantidad que es función de lo mojado que quede la superficie del terreno, del agua que se almacena en el suelo y del porcentaje de cobertura de este por el cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Rivetti (2004) elaboró la curva de Kc utilizando datos climáticos y del cultivo de maíz del ciclo agrícola 2000/01, obteniendo valores de Kc inicial, medio y final de 0.46, 1.10 y 0.56 respectivamente.

La finalidad de este trabajo fue determinar la duración de las etapas fenológicas y la variación del coeficiente de cultivo cuando el mismo se desarrolla con y sin restricciones hídricas.

HIPÓTESIS

La duración de las etapas fenológicas del cultivo de maíz varía si el mismo se desarrolla bajo riego o seco, por lo tanto las curvas del coeficiente del cultivo presentarán diferencias.

OBJETIVOS

Establecer las curvas del coeficiente del cultivo para maíz con riego y sin riego, en la zona de Río Cuarto.

Determinar la fenología del cultivo de maíz con y sin restricciones hídricas.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto en el ciclo agrícola 2001/02. Los suelos de esta región son Hapludoles típicos, sin presentar problemas de drenaje interno o externo (Cantero *et al.*,1998).

Los datos climáticos necesarios para la determinación de las curvas del coeficiente del cultivo (humedad relativa, viento y precipitaciones) fueron obtenidos de la Estación meteorológica que la Facultad de Agronomía y Veterinaria cuenta en el campo experimental donde se realizó el ensayo y que se muestran en el anexo. Los valores medios normales para la zona se muestran en las figuras 1 y 2.

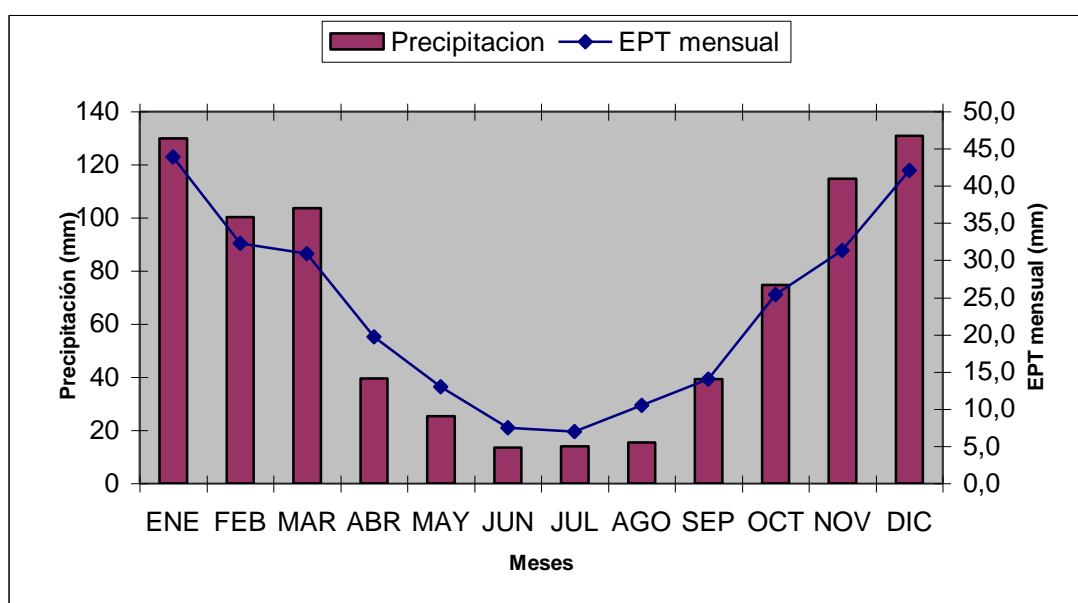


Figura 1: Precipitación y evapotranspiración medias normales (1974-1993) para Río Cuarto (Seiler *et al.*1995).

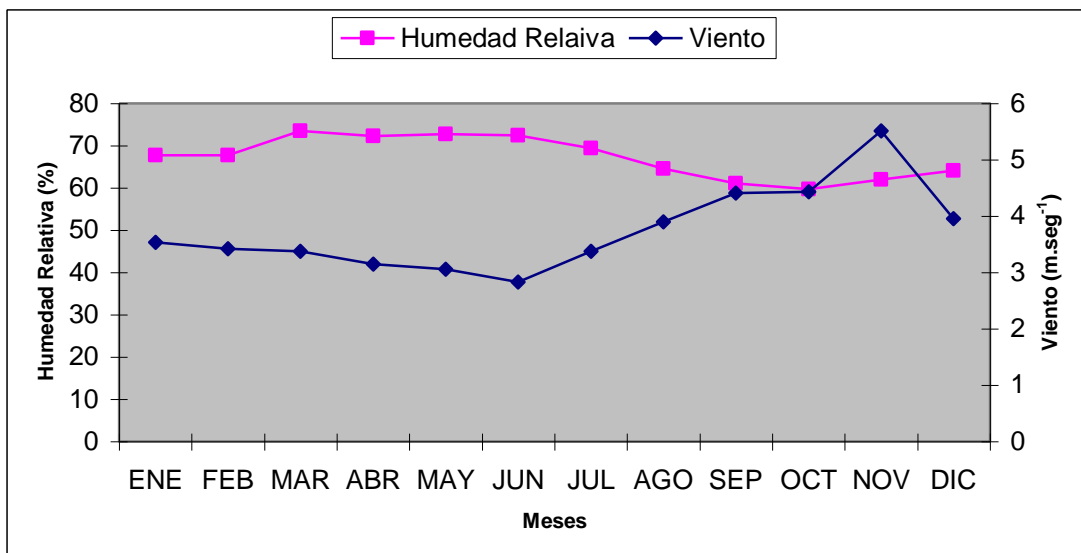


Figura 2: Humedad Relativa y viento medios normales (1974-1993) para Río Cuarto (Seiler *et al.*1995).

Los valores de evapotranspiración de referencia (E_{to}), la lámina de aplicación fueron tomados de Rivetti (2004) como así también la frecuencia de riego obtenida mediante balance hídrico.

La siembra se realizó el 28/09/2001 utilizando un híbrido simple de maíz de Nidera (AX884) con una densidad de siembra de 80.000 semillas por hectárea y una distancia entre hileras de 0.70 m sobre una pradera de alfalfa de 5 años.

Las labores realizadas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Labores realizadas en las parcelas del campo experimental

FECHA	TAREA	DESCRIPCIÓN
10/05/01	Cinzel	Dos pasadas a 30 cm. de profundidad y a 45° una respecto a la otra para romper el piso de arado
30/05/01	Arado c/rastra doble acción y rastra de diente en tandem	Para roturar la pradera
14/09/01	Pulverización	500 cc de 2,4D herbicida selectivo y 100 cc. de Picloran herbicida sistémico para el control de malezas
21/09/01	Arado de reja	Preparación de cama de siembra
24/09/01	Pulverización. Arado con múltiple y rastra de dientes	5 lt.ha ⁻¹ de EPTC, herbicida de presiembra (inhibidor de crecimiento) incorporado con arado múltiple y rastra de dientes para control de malezas
08/10/01	Pulverización	2 lt.ha ⁻¹ de Atrazina herbicida sistémico y residual y 150 cc de Cipermetrina insecticida de contacto e ingestión para el control de oruga cortadora
18/10/01	Pulverización	150 cc. Cipermetrina insecticida de contacto e ingestión para el control de oruga cortadora
15/02/02	Cosecha	Tratamiento 1 y Tratamiento 2

El diseño experimental utilizado fue de parcelas completamente al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones, cada parcela tenía una superficie de 10 m de largo por 35 m de ancho. La parcela de muestreo fue de 4 m por 30 m, dos tercios de esta superficie se destinó a las mediciones de fenología. Para ello, durante todo el ciclo y en cada parcela se realizaron observaciones cada 3 días en 10 plantas marcadas para detectar los cambios de estado.

Los tratamientos fueron:

Tratamiento 1: Se consideró el riego en todo el ciclo, llevando la humedad a capacidad de campo y realizando la reposición al consumirse una lámina de 30mm.

Tratamiento 2: Testigo, sujeto sólo al aporte hídrico de las precipitaciones.

El riego se realizó con un equipo de aspersión de avance lateral de dos torres de 43,8 metros cada una, con un voladizo de 10 metros, cubriendo un ancho de labor de 100 metros (Figura 3). Para aplicar la lámina mencionada en el T1 el equipo funcionó a una velocidad de avance de 18 m/h.



Figura 3. Equipo de riego en la parcela de trabajo

El coeficiente de uniformidad de distribución del agua fue calculado mediante la fórmula de Christiansen (ISO, 1994) obteniendo un resultado de 87%.

La realización de la curva de coeficiente de cultivo se basó en el procedimiento de FAO (Doorenbos y Pruitt, 1977) que la denomina curva ajustable y se traza para cada cultivo de acuerdo al clima y a la duración del ciclo el cual se divide en las siguientes 4 fases:

- 1 Inicial: germinación y crecimiento inicial hasta que la superficie del terreno esté cubierta apenas o nada por el cultivo (Estadio V4 - cuatro hojas).

- 2 Desarrollo: desde el final de la fase inicial hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa (Estadio V10 - diez hojas).

- 3 Medios del periodo: desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva hasta el inicio de la maduración (Estadio R4 - grano pastoso).

- 4 Final del periodo: desde el final de la fase anterior hasta madurez fisiológica (Estadio R6- madurez fisiológica).

El coeficiente de cultivo para la fase inicial se estimó en función de la evapotranspiración de referencia (E_{to}) y de la frecuencia e importancia de riego y/o lluvia.

El dato de E_{to} se obtuvo promediando los valores correspondientes al periodo de duración de la fase inicial (28/09/01 al 02/11/01). En el ciclo se regó cada 6 días como promedio, para cumplimentar con lo expresado en el T1. Para el T2 se consideraron las precipitaciones de más de 25 mm de lámina que ocurrieron cada 10 días en promedio.

Con el valor de E_{to} , frecuencia de riego o lluvia y de acuerdo a la importancia de estos eventos se obtienen el K_c inicial de la siguiente manera:

1-Cuando la lámina aplicada o precipitada es menor de 10 mm, el K_c inicial se obtiene de la figura 4.

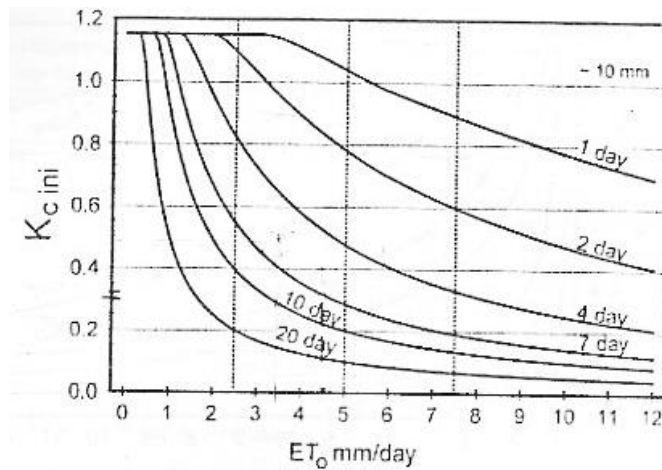


Figura 4: Promedio de Kc inicial (Kc ini) relacionado al nivel de ETo e intervalos entre riegos (menores o igual a 10 mm) y/o lluvias significativas durante la fase inicial de crecimiento.

2-Cuando el evento es mayor de 40 mm, se utiliza la figura 5.

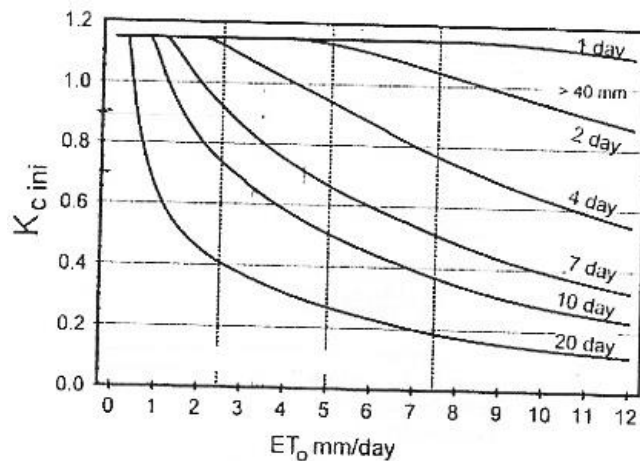


Figura 5: Promedio de Kc inicial Kc (ini) relacionado al nivel de ETo e intervalo de riego (mayores o iguales a 40 mm) durante el periodo inicial de crecimiento.

3-En el caso de este trabajo la lámina de riego (L) fue de 30 mm y las lluvias (L) consideradas fueron de 25 mm como promedio. Como estos eventos se encuentran entre 10 y 40 mm, el Kc inicial se calcula, promediando los estimados en el punto 1 y 2, con la siguiente ecuación:

$$Kc_{ini} = Kc_{ini}(figura4) + \frac{(L - 10)}{(40 - 10)} [Kc_{ini}(figura4) - Kc_{ini}(figura5)]$$

El Kc medio y final se obtuvo del cuadro presentado por FAO, dependiendo de la velocidad del viento y de la humedad relativa mínima.

Tabla 2 Coeficiente de cultivo Kc correspondiente al cultivo de maíz en la fase de mediados del periodo (3) y final (4).

		Humedad	HRmin > 70%		HRmin < 20%	
		Viento (m/seg)	0 – 5	5 - 8	0 - 5	5 – 8
Cultivo	Fase de desarrollo					
MAIZ (grano)	3		1.05	1.10	1.15	1.20
	4		0.55	0.55	0.60	0.60

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con respecto a fenología del cultivo son los que se presentan en la tabla 3.

Tabla 3: Fenología del cultivo de maíz.

Fecha	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
	Estados fenológicos	Días acumulados	Estados fenológicos	Días acumulados
28/09/2001	Siembra		Siembra	0
11/10/2001	Emergencia	14	Emergencia	14
17/10/2001	V1	20	V1	20
19/10/2001	V2	22	V2	22
26/10/2001	V3	29	V3	29
31/10/2001	V4	34	V4	34
02/11/2001	V4	36	V4	36
09/11/2001	V5	43	V5	43
16/11/2001	V6	50	V6	50
23/11/2001	V8,V9	57	V8,V9	57
25/11/2001	V9	59	V9	59
30/11/2001	V10	64	V9	64
07/12/2001	V12	71	V10	71
14/12/2001	V16	78	V14-V15	78
17/12/2001	VT	81	VT	81
21/12/2001	R1	85	R1	85
24/01/2002	R3	99	R2	99
15/01/2002	R3	110	R3	110
25/01/2002	R4	120	R4	120
01/02/2002	R4	127	R4	127
08/02/2002	R4	134	R4	134
15/02/2002	R6	141	R6	141

Como se observa en los estados fenológicos hubo pequeñas diferencias en algunas etapas del ciclo vegetativo, pero se llegó a floración masculina (VT) a los 81 días en ambos tratamientos.

En el período reproductivo se observó una pequeña diferencia en grano lechoso sin influir en el ciclo total que se alcanzó a los 141 para los dos tratamientos.

Ensayos realizados en el mismo campo experimental y con el mismo híbrido registraron también pequeños retrasos en las fases reproductivas pero sin influir en el largo total del ciclo (Rivetti *et al.* 2004).

Codromaz de Rojas *et al.* (1997) y Karam *et al.* (2003) observaron, en cambio, que en secano o en años con severas condiciones ambientales se produce un acortamiento entre fases fenológicas del cultivo alcanzando antes la madurez fisiológica. Se estima que en este ensayo no ocurrió lo antes mencionado debido a las precipitaciones ocurridas durante el período crítico.

La precipitación total en el ciclo del cultivo fue de 314 mm, la efectiva de 286 mm, además en el T1 se realizaron 12 riegos aplicando una cantidad total de agua de 360 mm.

El valor de ETo promedio de la fase inicial fue (Rivetti, 2004):

$$ETo = 3.42 \text{ mm}$$

Por lo tanto el Kc inicial, para el T1, utilizando los valores de 0,5 (Figura 4) y 0.88 (Figura 5), se obtiene de la siguiente manera:

$$Kc_{ini} = Kc_{ini}(0.5) + \frac{(30 - 10)}{(40 - 10)} [Kc_{ini}(0.88) - Kc_{ini}(0.5)] = 0.75$$

Para el tratamiento sin riego los valores de Kc inicial fueron: 0.3 (figura 4) y 0.64 (figura 5), el promedio fue de:

$$Kc_{ini} = Kc_{ini}(0.3) + \frac{(25 - 10)}{(40 - 10)} [Kc_{ini}(0.64) - Kc_{ini}(0.3)] = 0.47$$

Los resultados son coincidentes con lo expresado por Allen *et al.* (1998) quienes dicen que en la fase inicial de los cultivos anuales la evapotranspiración es predominantemente evaporación desde la superficie del suelo. Por lo tanto cuando esta superficie es frecuentemente humedecida por el riego la evaporación pasa a ser importante y el Kc inicial es mayor que cuando el suelo está seco y la evaporación es restringida.

Para las fases mediados y final del periodo, utilizando la Tabla 2, para una velocidad de viento promedio (Fase 3: 2.7 m.seg⁻¹; Fase 4: 2.31 m.seg⁻¹) y una humedad relativa mínima (Fase 3: 43%; Fase 4: 48%), se obtuvieron los siguientes Kc: Fase 3: 1.1 y Fase 4: 0.57, promedio de ambas columnas de Humedad Relativa.

Las curvas de coeficiente de cultivo resultantes para los tratamientos son lo que se muestran en la Figura 6.

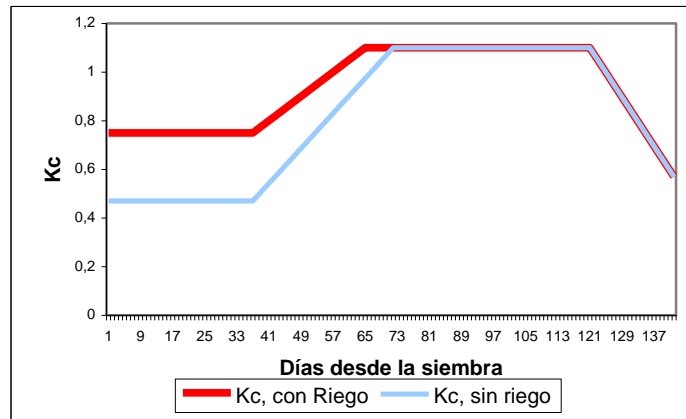


Figura 6: Coeficiente de cultivo obtenido para los diferentes tratamientos.

Como se puede observar en el gráfico sólo hubo variaciones en la fase inicial y en la de desarrollo del cultivo. Esto se debe a la utilización de diferentes frecuencias en los eventos de riego y/o lluvia, además de las distintas láminas aplicadas o precipitadas en cada tratamiento.

CONCLUSIONES

El nivel hídrico no influyó en la duración del ciclo total del híbrido utilizado.

Los Coeficientes de cultivos (K_c) obtenidos, para ambos tratamientos, mostraron diferencias solo en las etapas inicial y de desarrollo del cultivo.

Se obtuvieron pequeñas diferencias en algunas de las etapas del ciclo del cultivo sin influir en la duración total del mismo, no dando lugar al cumplimiento de la hipótesis planteada.

Para una estimación mas exacta de la evapotranspiración del cultivo durante la etapa inicial se recomienda el recalcu del K_c inicial ya que varia de un año a otro y de un sitio a otro, dependiendo de la cantidad de agua aplicada y/o recibida, la frecuencia de riego y precipitación, tipo de suelo y sus propiedades físicas y la E_{to} . El uso de tal información ayudaría a un efectivo planeamiento del riego y un manejo mas preciso del agua.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, R.G. PEREIRA L.S., RAES D., Y M. SMITH 1998 Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO. Irrigation and drainage. Paper 56. Roma. 300pp.
- BLACKLOW, W.M. 1972 Influence of temperatura on germination and elongation of the radicle and shoot of com (*Zea mays* L.) Crop Science, 12:647-650.
- CANTERO A., CANTU, M. P., CISNEROS, J. M., CANTERO, J. J., BLARANSIN, M., DEGIOANNI, A., GONZALEZ, J., BECERRA, V., GIL, H., DE PRADA, J., DEGIOVANNI, S., CHOLAKY, C., VILLEGAS, M., CABRERA, A. Y C. ERIC 1998 Las tierras y aguas del Sur de Córdoba. Propuestas para un manejo sustentable. UNRC. 119 pp.
- CHOW, V.T., MAIDMENT, D.R. Y L.W. MAYS 1994 Hidrología Aplicada. Mc. Graw-Hill. Colombia.
- CODROMAZ DE ROJAS, A., PELTZER, H., KAHN, N. AND N. GARCIARENA 1997 Distribución de la humedad en el suelo durante el ciclo de cultivo de maíz. VI Congreso Nacional de Maíz.
- DELLA VALLE, C. Y F.E. PESCIO 2001 Complejo Agroindustrial maicero. Análisis de su transformación en la última década. SAGPyA. Buenos Aires. Argentina.
- DOORENBOS, J. Y W.O. PRUITT 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. F.A.O. Serie Riego y Drenaje: Número 24. Roma.
- GRASSI, C.J. 1998 Fundamentos del Riego. Serie Riego y Drenaje N° 38. CIDIAT. Venezuela. 409pp.
- ISO. 1994 Agricultural Irrigation Equipment -Centre-pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles- Determination of uniformity of water distribution. International Organization for Standardization. Switzerland.
- KARAM, F., BREIDY, J., STEPHAN, C. AND J. ROUPHAEL 2003 Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekae Valley of Lebanon. Agricultural Water Management. 63:125-137.
- KINIRY, J.R. Y R. BONHOMME 1991 Predicting maize phenology. En: T. Hodges (ed.) Predicting crop phenology. CRC.Press. Boca Raton, Ann Arbor. Boston. Pags. 115-131.
- RITCHIE S.W. Y J.J. HANWAY 1993 How a corn plant develops. Special Report N° 48. Iowa State University Science and Technology. Cooperative Extension Service. Ames, Iowa.

RIVETTI, A.R. 2004. Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego en Río Cuarto, Córdoba-Argentina. Tesis FCA-UNCuyo.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. (2004). *Estimaciones Agrícolas*. SAGPyA. Buenos Aires. Argentina.

SEILER R.A., FABRICIUS R.A., ROTONDO V.H. Y M.G. VINOCUR 1995
Agroclimatología de Río Cuarto - 1974 / 1993. Vol I. FAV. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina.

ANEXO

Tabla 1: Cuadro del balance hidrológico de la Ciudad de Río Cuarto, (1974-1993).

Meses	P	EP	ER
J	14	21	13
A	15	32	19
S	39	42	30
O	75	76	59
N	115	94	82
D	131	126	113
E	130	132	112
F	100	97	81
M	103	93	84
A	39	59	51
M	25	39	29
J	13	22	14

Tabla 2: Temperatura, humedad relativa media, precipitación y velocidad del viento de los meses de octubre del 2001 hasta el mes de marzo del 2002 para Río Cuarto (Estación Agrometeorológica -UNRC).

Octubre 2001

Día	HR med %	TEMP				Promedio Velocidad	
		Media °C	Máx. °C	Min. °C	Pppt mm	Viento	
						Km.hs ⁻¹	m.seg ⁻¹
1	96.2	13,1	15,9	11,7	8,8	25,5	7,08
2	89.2	12,5	16,5	9,6	0	13,5	3,75
3	90.4	12,8	19,9	6,8	0	4,4	1,22
4	93.8	14,7	19,7	10,8	1,6	2,3	0,64
5	88.2	17,2	21,7	13,9	0	12,8	3,56
6	91.3	17,6	22,5	15,1	0,6	18,1	5,03
7	97.7	13,9	17,3	10,9	9,6	16,3	4,53
8	72.8	13,4	17,1	10	0	25,7	7,14
9	68.5	16,6	24,1	10,8	0	13,3	3,69
10	79.9	14,3	18,7	10,5	0	7	1,94
11	82.9	14,9	21,4	7,7	0,2	13	3,61
12	83.9	18,4	22,7	14,8	0	13,1	3,64
13	81.5	18,4	24,9	13,2	0	15,7	4,36
14	82.2	20	25,4	15,8	22,2	12,2	3,39
15	99.3	15,2	18	13,6	16,6	10,5	2,92
16	96.2	14,1	18,1	12,1	0,4	5,7	1,58
17	93.6	14,9	20	11,7	0	7,7	2,14
18	89.9	17,4	24	11,6	0,2	9,1	2,53
19	88.6	18,3	23,3	15,1	0,2	12,1	3,36
20	78.7	13,8	17	9,6	6,8	13,4	3,72
21	66.8	12,5	18,9	6,2	0	7,2	2
22	68.9	16,2	24,4	7,6	0	10,4	2,89
23	72.5	19,8	26,8	12,4	0	8,7	2,42
24	66.9	23	30,4	15,6	2,4	17	4,72
25	72.8	26,3	35,3	17,6	0	13,1	364
26	97.7	19,1	21	17,9	17,4	11	3,06
27	100	19,4	20,6	18,2	30	8,7	2,42
28	100	13,7	19,2	11,1	6,2	19,9	5,53
29	87.7	13,9	19,3	10,8	0	11,7	3,25
30	65.1	19,1	26,5	10,9	0	5,6	1,56
31	62.1	21,5	28,8	12,8	0	9,9	2,75

Noviembre 2001

Día	HR med %	TEMP				Promedio Velocidad	
		Media °C	Máx. °C	Min. °C	Pptt mm	Viento	
						Km.hs ⁻¹	m.seg ⁻¹
1	67.6	20,4	26,2	13,7	0	11,2	3,11
2	61.2	21,1	27,7	14,8	0	14,4	4
3	69	20,9	27,3	13,8	2	13,2	3,67
4	79.6	19,8	24,7	15,1	2	11,2	3,11
5	77.1	17,8	28	12,8	2,4	15	4,17
6	72.1	15,4	20,1	10,3	1,6	6,1	1,69
7	77	16	20,2	11,4	0	7,3	2,03
8	65.8	16,8	22,08	10,4	0	13,4	3,72
9	87.7	16,9	20,7	13,1	3	14,8	4,11
10	74.2	16,2	22,5	11,6	7	11,1	3,08
11	63.2	19,9	30,1	10,1	0	6,4	1,78
12	67.1	17,5	23,4	12,8	2,2	9,5	2,64
13	94	16,8	21	12,4	6,6	12,4	3,44
14	85.3	16,9	22,1	12,9	0,4	4,5	1,25
15	72.4	16,1	21,3	10,8	0,4	10,1	2,81
16	73.7	15,5	23	5,8	0	10	2,78
17	64.2	21,7	30,2	12,2	0	11,8	3,28
18	74.1	22,3	28,2	15,3	0,2	6,9	1,92
19	58.3	24,1	32,6	14,1	0	10,8	3
20	80.5	24,2	31,1	18,8	0,2	13,4	3,72
21	79.7	21,8	27	17,9	0	8	2,22
22	78.9	24	29,7	17,1	0	15,8	4,39
23	71.6	22,9	28,3	15	0	14,7	4,08
24	40.3	14	19,4	8,4	0	10,7	2,97
25	55	15,6	23,6	6,5	0	14,2	3,94
26	56.2	18,9	26,4	11,8	0	10,2	2,83
27	58.3	19,1	27,7	6,2	0	8,9	2,47
28	62.1	22,8	30	17,8	0	10,2	2,83
29	54.7	16,8	20,8	9,4	0	13,5	3,75
30	51.1	14,1	24,2	6,1	0	6,4	1,78

Diciembre 2001

Día	HR med %	TEMP				Promedio Velocidad	
		Media °C	Máx. °C	Min. °C	Pptt mm	Viento	
						Km.hs ⁻¹	m.seg ⁻¹
1	42.6	21,3	30,8	9,2	0	10,3	2,86
2	84	11,2	17,9	8,8	0,2	12	3,33
3	80.6	14,2	22,8	8,3	0	4,3	1,19
4	65.4	19	28,2	8,5	0	5,7	1,58
5	54.3	22,2	30,2	12,7	0	8,7	2,42
6	45.3	24,9	32,3	17,6	0	15,4	4,28
7	54.2	20,9	26,5	14,6	0	15	4,17
8	55.8	14,5	21,5	6,9	0	7,7	2,14
9	49.8	19,9	28,1	9,6	0	16,3	4,53
10	60.5	23,4	30,6	15,2	0	17,1	4,75
11	64.3	25,7	33,4	19,3	0,6	10,5	2,92
12	67.4	24,9	32,2	16,3	0	6,6	1,83
13	77.1	22,9	29,1	17,9	1,2	7,2	2
14	87.9	22,1	28,4	17,4	4,4	6	1,67
15	78.5	23,8	29,8	17,4	0,2	8,2	2,28
16	72.1	25,3	32,5	18,2	0	10,8	3
17	75	23,9	30,4	18	0	7,8	2,17
18	74.9	25,7	33,1	18,2	0,2	10,8	3
19	50.5	24,7	30,1	15,8	1,2	9,4	2,61
20	72.7	22,1	31,2	14,5	5,4	8,5	2,36
21	80.6	21,3	27,4	16,3	0,2	7,5	2,08
22	65.3	21,7	28,8	13,1	0	5,4	1,5
23	52	24	31,3	16,3	0	13,7	3,81
24	53	23,4	29,9	16,2	0	17,7	4,92
25	50.4	24,4	31,2	17,2	0	16,2	4,5
26	56.6	26,7	33,9	19,7	0	12,5	3,47
27	61.2	27,8	35,1	19,2	0	7,3	2,03
28	73.6	27,2	34,2	19,1	0	11,5	3,19
29	64.3	26,4	34,1	17,3	23	10,5	2,92
30	64.3	22	29,1	17,1	11,8	7,8	2,17
31	79.8	23,2	29,7	15,5	0,2	6,6	1,83

Enero 2002

Día	HR med %	TEMP				Promedio Velocidad	
		Media °C	Máx. °C	Min. °C	Pptt mm	Viento	
						Km.hs ⁻¹	m.seg ⁻¹
1	63.4	24,5	29,9	19,4	0	8,3	2,31
2	64.3	25	31,3	19,6	2	5,3	1,47
3	85.6	20,1	23,4	17,1	1,4	6,3	1,75
4	99.9	16,8	18,7	14,9	44,8	8,6	2,39
5	98.6	15,3	18,4	13,9	4,6	10,7	2,97
6	85.5						0
7	77						0
8	73.1	25,1	30,8	17,6	0	8,1	2,25
9	74.4	23,9	29,4	19,4	0	10,3	2,86
10	72.6	24,2	29,6	17,5	0	12,5	3,47
11	68.5	26	31,6	20,1	0	11,7	3,25
12	68.2	27,2	33,1	20,3	0	12,4	3,44
13	78.9	21,8	26,4	17,2	0	13,3	3,69
14	59.9	17,8	22,7	12,6	0	7,6	2,11
15	63.9	17,5	24,6	9,3	0	11,3	3,14
16	65.9	19,6	26	13	0	12,7	3,53
17	62.6	20,9	27,1	13,1	0	11	3,06
18	64.1	22,6	28,3	15,4	0	12,1	3,36
19	64.3	23,7	30,8	17,1	0	9,5	2,64
20	82.2	19,6	23,8	16,1	0,2	7,9	2,19
21	75.7	21	28,5	12,9	0,2	6,8	1,89
22	63.6	25,6	32,9	18	0	6,9	1,92
23	77.3	23,9	33,2	17,1	6,8	9,7	2,69
24	78.6	23,5	31,8	15,2	80	3,6	1
25	78.8	23,4	30,4	17,2	0	5,6	1,56
26	93.5	17,7	22,3	14,8	12,2	6,7	1,86
27	71	22,1	30,5	12,7	0,2	4	1,11
28	68.8	24,1	30,2	18	0	6,2	1,72
29	84.8	20,2	24,9	15,9	9,8	8,3	2,31
30	85.6	23,1	30,2	17,4	0	8,4	2,33
31	75.4	22	26,8	15,2	0,2	8,7	2,42

Febrero 2002

<i>Día</i>	<i>HR med %</i>	<i>TEMP</i>				<i>Promedio Velocidad</i>	
		<i>Media °C</i>	<i>Máx. °C</i>	<i>Min. °C</i>	<i>Pptt mm</i>	<i>Viento</i>	
						<i>Km.hs⁻¹</i>	<i>m.seg⁻¹</i>
1	69.7	21,8	28,7	14,6	0	5,2	1,44
2	71.4	23,1	29,3	16,6	0	12,1	3,36
3	67.3	23,9	30,4	16,9	0	16,2	4,5
4	78	21,3	24,8	18,4	1,8	10,2	2,83
5	69.4	16,3	21	11,6	0	8,1	2,25
6	75.3	15,8	23,3	8,5	0	4,8	1,33
7	73.3	19,1	25,2	13,6	0	5,1	1,42
8	76.6	19,8	27,7	11,9	0	3,7	1,03
9	70.2	21,7	30,3	13,1	0	3,7	1,03
10	62.9	22,7	32,4	15,1	0	6,4	1,78
11	73.8	21,8	29,9	15,8	3	8,2	2,28
12	72.9	22,6	30,7	15,1	0	9,5	2,64
13	69.4	24	31,8	16	0	8,4	2,33
14	72	23,3	32,3	16,4	0	7,1	1,97
15	84.4	21,3	26,3	16,7	0	9,2	2,56
16	73.5	19,4	25,2	15,6	9,8	13,1	3,64
17	89.1	18,1	24,1	14,9	5,6	11	3,06
18	87.7	19,5	23,7	15,9	30,8	9,2	2,56
19	91	18,5	21,1	16,5	0	3	0,83
20	84.3	19,2	25,3	13,7	0	5,9	1,64
21	85.2	19,2	25,6	13,1	0,2	4,7	1,31
22	71.9	22,4	31,2	12,8	0,2	4,5	1,25
23	91.5	17,8	22,1	14,9	5	7,2	2
24	88.7	18,6	24,4	14,1	1,4	14,2	3,94
25	74.1	25,3	32,5	18,3	0	11,4	3,17
26	79.1	25,5	32,3	18,2	0	6,7	1,86
27	72.8	27,6	33,8	20,8	0	13,2	3,67
28	70	19,2	26,5	11,3	0	8,1	2,25

Marzo 2002

Día %	TEMP				Promedio Velocidad	
	Media	Máx.	Min.	Pptt	Viento	
	°C	°C	°C	mm	Km.hs ⁻¹	m.seg ⁻¹
1	18,4	26,2	10,2	0	10,4	2,89
2	21,2	28,6	13,4	0	15,6	4,33
3	24,7	30,7	19,6	0	12,1	3,36
4	23,4	26,4	20,3	0	10,1	2,81
5	17,3	21,4	12,9	1	6,7	1,86
6	24	32,4	16,1	0	11,6	3,22
7	26,3	33,8	19,9	0	7,5	2,08
8	26,1	35,9	19,4	9,4	4,6	1,28
9	23,2	26,6	20,6	0	8,1	2,25
10	21,7	24,3	19,7	0	8,6	2,39
11	20,3	24,1	17,9	1,8	5,1	1,42
12	21,4	25,2	19,3	0,4	11	3,06
13	25,1	32	19,2	0	8,6	2,39
14	26,4	33,6	19,1	0,2	14,1	3,92
15	24,3	30,8	20,1	0	6,7	1,86
16	18	21,8	15,9	0,2	10,9	3,03
17	19,9	25,6	16,1	1,4	8,4	2,33
18	17,8	20,3	14,1	2	8,3	2,31
19	14,7	16,6	13,4	0,2	12,7	3,53
20	17,3	24,2	11,5	0	6,4	1,78
21	12,8	18,3	11	0,2	8,4	2,33