

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo”

EFECTO DE LA EPOCA DE SIEMBRA SOBRE LA
ACUMULACION DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO
DE UN HIBRIDO DE MAIZ CON RIEGO EN LA REGION
SUR DE LA PROVINCIA DE CORDOBA

Marcos Sebastián LUCERO

DNI: 30.090.293

Director: Ing. Agr. M. Sc. Marta Graciela VINOCUR

Río Cuarto – Córdoba

Marzo de 2008

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACION

Título del Trabajo Final:

EFECTO DE LA EPOCA DE SIEMBRA SOBRE LA ACUMULACION DE MATERIA
SECA Y RENDIMIENTO DE UN HIBRIDO DE MAIZ CON RIEGO EN LA REGION
SUR DE LA PROVINCIA DE CORDOBA

Autor: MARCOS SEBASTIAN LUCERO

DNI: 30.090.293

Directora: Ing. Agr. M. Sc. MARTA GRACIELA VINOCUR

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

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Nacional de Río Cuarto, gracias por haberme brindado la posibilidad de llevar a cabo con éxito mis estudios universitarios, por la posibilidad de aprender y por la calidad de su formación.

A mis padres Martha y Pablo, gracias por todo el amor que me han brindado, por su comprensión, por estar a mi lado permanentemente y por su apoyo incondicional durante toda esta etapa que hoy ha llegado a su fin.

A mis hermanos Pablo y Sergio y a todos los demás integrantes de esta linda familia a los que tanto quiero, gracias por haberme acompañado y alentado durante toda la carrera.

A Dr. Roberto Seiler, Ing. Agr. M. Sc. Marta Vinocur, Ing. Agr. M. Sc. Víctor Rotondo e Ing. Agr. Ricardo Fabricius, gracias por haberme permitido realizar mi trabajo final en la Cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

A la Ing. Agr. M. Sc. Marta Vinocur, gracias por llevar a cabo con éxito la dirección de este proyecto, por haber comprendido mis inquietudes, por apoyar mis decisiones, por estar siempre presente y dispuesta a evacuar mis dudas, por hacer posible cumplir esta meta que nació hace ya algunos años y que hoy esta llegando a su fin, que es obtener mi título de grado.

A Emiliano Peretti, Leonel Venturini y Juan Carlos Gonzalez, gracias por su dedicación y apoyo durante las actividades de campo y laboratorio.

A los miembros del Tribunal Evaluador del Proyecto, Ing. Agr. M. Sc. Mateo Puiatti, Dr. Roberto Seiler y Dr. Raúl Crespi por sus valiosos aportes y útiles sugerencias.

A todas aquellas personas, docentes y alumnos que brindaron conocimientos, información y apoyo desinteresadamente durante estos años de vida universitaria.

A mis amigos/as y compañeros/as de estudio, que compartieron junto a mí toda este camino que hoy termina.

INDICE DE TEXTO

INTRODUCCION

Origen y evolución del maíz	1
Producción	2
El aporte del maíz a la sustentabilidad	6
Ecofisiología del cultivo de maíz	7
Hipótesis y objetivos	9

MATERIALES Y METODOS

Caracterización climática de la región	10
Análisis de las precipitaciones y temperaturas para las dos épocas de siembra	11
Caracterización de los suelos de la Región Sur de la Provincia de Córdoba, relieve del área de estudio y perfil típico del ensayo	14
Caracterización del ensayo de campo	17

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia de la fecha de siembra sobre la acumulación de materia seca	23
Influencia de la fecha de siembra sobre el rendimiento en grano y sus componentes	28

CONCLUSIONES	34
---------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	35
---------------------	-----------

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Evolución del rendimiento y producción mundial de maíz. Periodo 1996/97 – 2006/07	2
Tabla N° 2: Principales países productores de maíz a nivel mundial. Campaña 2006/07	3
Tabla N° 3: Area sembrada y toneladas producidas de maíz a nivel nacional. Campañas 2005/06 – 2006/07	4
Tabla N° 4: Area sembrada con maíz a nivel nacional. Campaña 2005/06	4
Tabla N° 5: Resultados en la Provincia de Córdoba. Campaña 2005/06	5
Tabla N° 6: Propiedades físicas del suelo	15
Tabla N° 7: Propiedades químicas del suelo	15
Tabla N° 8: Valoración de la fertilidad y pH de las distintas muestras de suelo	16
Tabla N° 9: Fechas de riego y lámina aplicada para las distintas épocas de siembra	20
Tabla N° 10: Fenología del cultivo de maíz para las distintas épocas de siembra	21
Tabla N° 11: Duración de las etapas fenológicas y unidades térmicas acumuladas en función de la fecha de siembra	23
Tabla N° 12: Materia seca aérea acumulada y tasa de crecimiento del cultivo durante distintos subperíodos en función de la fecha de siembra	26
Tabla N° 13: Análisis de la Varianza. Variable: Materia Seca	27
Tabla N° 14: Números de granos por espiga a cosecha en función de la fecha de siembra	28
Tabla N° 15: Peso promedio de granos a cosecha en función de la fecha de siembra	29
Tabla N° 16: Rendimiento en grano a cosecha en función de la fecha de siembra	30
Tabla N° 17: Análisis de la Varianza. Variable: Rendimiento en grano	30

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Valores medios normales de precipitación y temperatura. Periodo 1974 – 1993	10
Figura N° 2: Desvíos de las precipitaciones durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales	11
Figura N° 3: Desvíos de las temperaturas máximas durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales	12
Figura N° 4: Desvíos de las temperaturas mínimas durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales	12
Figura N° 5: Desvíos de las temperaturas medias durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales	13
Figura N° 6: Esquema del ensayo experimental	18
Figura N° 7: Equipo de riego del Campo Experimental de la UNRC	19
Figura N° 8: Evolución de los valores diarios de radiación solar total incidente y temperatura media del aire, durante la estación de crecimiento del maíz	24
Figura N° 9: Materia seca aérea acumulada en distintos estadios fenológicos durante el ciclo de cultivo en función de la fecha de siembra	25
Figura N° 10: Espigas promedio obtenidas a cosecha en función de la fecha de siembra	29
Figura N° 11: Variación de los coeficientes de estrés hídrico sobre la fotosíntesis y sobre el crecimiento durante el periodo crítico del cultivo para cada fecha de siembra	32

RESUMEN

“Efecto de la época de siembra sobre la acumulación de materia seca y rendimiento de un híbrido de maíz con riego en la Región Sur de la Provincia de Córdoba”

La modificación de la época de siembra altera las condiciones ambientales a las que el cultivo de maíz es expuesto a lo largo de la estación de crecimiento y por lo tanto influye marcadamente sobre su crecimiento y desarrollo. El objetivo del presente trabajo fue examinar el efecto de la fecha de siembra sobre la acumulación de materia seca y sobre el rendimiento en grano y sus componentes en un cultivo de maíz bajo riego. Este ensayo fue realizado en el Campo Experimental de la UNRC, Córdoba, Argentina durante la campaña 2005/06, con el híbrido simple Nidera AX 884 sembrado en dos fechas de siembra [22 de septiembre (PFS) y 2 de noviembre (SFS)] con una densidad de 80.000 semillas ha⁻¹, sin deficiencias nutricionales y en condiciones de riego y seco. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones, mientras que los cuatro tratamientos surgieron de una combinación factorial entre dos fechas de siembra y riego o seco. El comportamiento del híbrido fue analizado estadísticamente mediante un Análisis de Varianza (ANAVA), el cual determinó la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas que demuestren que un atraso en la fecha de siembra determine una menor acumulación de materia seca y un menor rendimiento en grano a cosecha. Las causas de las diferencias observadas en estos resultados con respecto a los valores esperados se explican por las condiciones de disponibilidad de agua con las que se desarrolló el cultivo en cada época de siembra, ya que deficiencias operativas que ocurrieron en la PFS ocasionaron un estrés hídrico severo durante el período crítico del cultivo.

Palabras claves: maíz, fecha de siembra, materia seca, rendimiento, estrés hídrico.

SUMMARY

“The effect of the sowing date on the dry matter accumulation and grain yield of an irrigated maize hybrid in the south region of Córdoba”

The modification of the sowing date alters the environmental conditions to which the maize crop is exposed along the growing season and, therefore, strongly influences its growth and development. The purpose of this study was to examine the effect of different sowing dates on the accumulation of dry matter and on the grain yield and its components of an irrigated maize hybrid. Experimental trials were carried out in the Experimental Field of the Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina during the 2005-2006 growing season. The maize hybrid Nidera AX 884 was sown in two sowing dates [September 22 (PFS) and November 2 (SFS)] with a sowing density of 80.000 seeds ha⁻¹, without nutritional deficiencies and under rainfed and irrigated conditions. A factorial experiment within a random block design with four replications and four treatments (two sowing dates and irrigated or rainfed) was applied. The behavior of the hybrid was statistically analyzed through the Analysis of Variance (ANOVA) that determined the lack of significantly statistical differences to demonstrate that a delay in the sowing date resulted in a lower dry matter accumulation and grain yield at harvest. The causes of the observed differences in these results in relation to the expected ones according to other authors' experiments can be explained due to the conditions of water availability during the development of the crop in each sowing date since in the PFS a severe water stress, caused by operative failures happened during the critical period of the crop.

Key words: maize, sowing date, dry matter, grain yield, water stress.

EFECTO DE LA EPOCA DE SIEMBRA SOBRE LA ACUMULACION DE MATERIA SECA Y RENDIMIENTO DE UN HIBRIDO DE MAIZ CON RIEGO EN LA REGION SUR DE LA PROVINCIA DE CORDOBA.

INTRODUCCION

Origen y evolución del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas y su origen se pierde en la antigüedad. Tanto excavaciones arqueológicas y prospecciones geológicas, como la medición de la radiactividad de restos de espigas encontradas en cavernas, indican que el maíz podría haberse originado hace unos 7.000 años (Andrade *et al.*, 1996). Se mencionan dos lugares como originarios de este cereal: los altos valles del Perú, Ecuador y Bolivia y la región del sur de México y América Central (INTA, 1980).

Los individuos de esta especie no se encuentran en estado silvestre debido a que son incapaces de sobrevivir en esas condiciones por no poseer mecanismos adecuados para la dispersión de sus semillas, las que al germinar, por permanecer unidas al marlo producen plantas que compiten severamente entre sí, lo que les impide producir nuevas semillas (Andrade *et al.*, 1996).

La mutación, la selección natural y la selección masal hecha por los aborígenes americanos, transformaron gradualmente al maíz salvaje en una planta domesticada de valor (Andrade *et al.*, 1996). Al parecer, los indios la habían cultivado muchos siglos antes del arribo del hombre blanco a América (INTA, 1980). El mejoramiento del maíz en Argentina evolucionó desde la simple selección masal, usada por los indios y los primeros colonos, hasta la aplicación de los principios de la genética y la utilización de la heterosis. El empleo de la heterosis o vigor híbrido, permitió el incremento de los rindes, la mejora de otros caracteres agronómicos, la producción y el uso de grandes volúmenes de semilla híbrida (Andrade *et al.*, 1996).

Producción

A nivel mundial, el maíz es el tercer cultivo en importancia después del trigo y del arroz en cuanto a volumen de producción. En la Tabla N° 1 se puede apreciar la evolución del rendimiento y de la producción de este cereal en las últimas 11 campañas agrícolas, y en la Tabla N° 2 los que son actualmente los principales países productores de maíz en el mundo. Particularmente para la campaña 2005/06 (en la cual se realizó el ensayo), se sembraron 145,7 millones de ha, produciéndose en total 696,2 millones de toneladas (Tn) de maíz, lo que representa un 2,6% menos que lo producido en la campaña anterior. No obstante para la última campaña (2006/07) se sembraron 148,5 millones de ha, produciéndose en total 702,2 millones de Tn de maíz, representando un aumento del 0,9% de lo producido con respecto a la temporada anterior.

Tabla N° 1: Evolución del rendimiento y producción mundial de maíz. Período 1996/97-2006/07.

Año	Producción (millones de Tn)	Rendimiento medio (Tn ha⁻¹)
1996/97	593,0	4,2
1997/98	574,2	4,2
1998/99	605,8	4,3
1999/2000	607,6	4,4
2000/01	590,7	4,3
2001/02	600,0	4,4
2002/03	603,4	4,4
2003/04	627,2	4,4
2004/05	714,8	4,9
2005/06	696,2	4,8
2006/07	702,2	4,7

Fuente: USDA. Grain World Market & Trade. Agosto 2007.

Tabla N° 2: Principales países productores de maíz a nivel mundial. Campaña 2006/07.

País	Producción	
	Millones de toneladas	%
Estados Unidos	267,6	38,1
China	145,0	20,7
Unión Europea (27 Países)	55,2	7,9
Brasil	50,0	7,1
Argentina	22,5	3,2
México	22,0	3,1
India	15,0	2,1
Canadá	9,0	1,3
Nigeria	7,8	1,1
Indonesia	6,7	1,0
Otros	101,4	14,4
Total Mundial	702,2	100,0

Fuente: USDA. Grain World Market & Trade. Agosto 2007.

En el contexto *MERCOSUR*, la producción maicera de los dos principales países productores (Argentina y Brasil) durante la campaña 2006/07 fue de 72,5 millones de Tn, lo cual representa un 10,3% de la producción mundial; correspondiendo a Brasil el 69% y Argentina el 31% restante (USDA, 2007).

A *nivel nacional*, el maíz es un cultivo de gran importancia. Sin embargo en la Argentina, la agricultura de la Región Pampeana y Extrapampeana ha experimentado grandes cambios en los últimos 30 años. Entre los más importantes se destaca el reemplazo de la producción de cereales por cultivos oleaginosos, especialmente soja, y el desarrollo de un proceso de agriculturalización, produciéndose un desplazamiento de la actividad ganadera hacia zonas marginales (Satorre *et al.*, 2003). Aún considerando estos cambios, Argentina actualmente es el quinto productor mundial de maíz con algo más de 22 millones de Tn, representando un 3,2% del volumen mundial (Tabla N° 2). No obstante, la producción de este cereal ha ido en aumento desde la campaña 1993/94, en la que se registró un total que apenas sobrepasó las 10 millones de Tn, duplicándose para la última campaña (Tabla N° 3). De la misma manera, los rendimientos también han sido cada vez mayores, ya que en la campaña 1993/94 los rindes promedios fueron de 4,2 Tn ha⁻¹ y en la campaña 2006/07 se obtuvieron aproximadamente 8,4 Tn ha⁻¹. Las cifras oficiales (SAGPyA, 2007) al 18/04/07 indican que la superficie sembrada con destino a la producción de grano y forraje sobrepasó los 3,5 millones de ha (11,6% más que la campaña anterior) (Tabla N° 3), con mayores

incrementos registrados en La Pampa y norte de Buenos Aires, y menores en Santa Fe y Córdoba.

Tabla N° 3: Area sembrada y toneladas producidas de maíz a nivel nacional. Campañas 2005/06 – 2006/07.

	2005/06	2006/07	Variación (%)
Millones de Ha.	3,2	3,6	11,6
Millones de Tn.	15,8	22,5	42,4

Fuente: SAGPyA 2007.

A nivel provincial (Tabla N° 4), en la campaña 2005/06 Córdoba se ubicó en el primer lugar entre las provincias con mayor área sembrada de la Argentina, con un 32,7% del total, seguida por Buenos Aires con el 25,5%.

Tabla N° 4: Area sembrada con maíz a nivel nacional. Campaña 2005/06.

Provincia	Area sembrada	
	Ha	%
Región Pampeana	2.755.820	86,7
Córdoba	1.038.180	32,7
Buenos Aires	810.600	25,5
Santa Fe	372.040	11,7
La Pampa	338.500	10,6
Entre Ríos	196.500	6,2
Región Extra Pampeana	422.250	13,3
Chaco	135.000	4,2
Santiago del Estero	76.750	2,4
San Luís	57.000	1,8
Salta	47.000	1,5
Misiones	31.100	1,0
Tucumán	30.000	0,9
Formosa	24.170	0,8
Catamarca	9.000	0,3
Corrientes	6.550	0,2
Jujuy	5.680	0,2
Total país	3.178.070	100

Fuente: Dirección de Coordinación de Delegaciones. SAGPyA, 2006.

En lo que respecta al *nivel departamental*, Río Cuarto (Tabla N° 5) para la misma campaña aportó un 23,3% de la superficie provincial cosechada con maíz, representando alrededor del 15,7% de la producción provincial, constituyendo el maíz una fuente importante de recursos para la región (SAGyA, 2007). En la Argentina la producción se ubica en siete regiones maiceras, correspondiendo Río Cuarto a la zona Oeste (Alvarez y Mulín, 2004).

Tabla N° 5: Resultados en la Provincia de Córdoba. Campaña 2005/06.

Dpto.	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Rendimiento obtenido (Tn ha⁻¹)	Producción obtenida (Miles de Tn)
Calamuchita	4.000	4.000	7	28
Capital	1.000	1.000	7	7
Colón	35.000	32.000	7,2	230,4
Cruz del Eje	800	800	5	4
General Roca	65.000	30.000	6,8	204
Gral. S. Martín	48.500	34.000	5,5	187
Ischilín	20.000	15.000	6,5	97,5
Juárez Celman	40.000	36.000	6	216
Marcos Juárez	96.000	96.000	8	768
Minas	500	500	5	2,5
Pocho	1.800	1.800	1,5	2,7
Pte. R. S. Peña	52.000	25.000	6,5	162,5
Río Cuarto	205.000	185.000	4	740
Río Primero	70.000	70.000	6	420
Río Seco	35.000	35.000	4,1	144,4
Río Segundo	30.000	30.000	7	210
San Alberto	4.700	4.700	5,8	27,3
San Javier	2.800	2.800	9,5	26,6
San Justo	53.000	44.000	5,5	242
Santa María	5.000	4.000	6,5	26
Sobremonte	2.500	2.500	1,5	3,7
Tercero Arriba	28.000	28.000	6,5	182
Totoral	50.000	45.000	6,8	306
Tulumba	5.000	5.000	5	25
Unión	72.000	62.000	7	434
TOTALES	927.600	794.100	5,9	4.696,60

Fuente: SAGyA 2007.

El aporte del maíz a la sustentabilidad

Para lograr una producción alta, eficiente y sostenible haciendo un uso racional y sustentable de los recursos es muy importante la rotación de cultivos y el uso de la tecnología apropiada. Cuando hablamos de sustentabilidad ambiental nos referimos a una actividad productiva que permita obtener producciones rentables pero sin comprometer la capacidad productiva del recurso involucrado.

El cultivo de maíz ha sido históricamente un importante protagonista de las actividades productivas de la región. Una de las razones era el aporte que realizaba con sus rastrojos a la ganadería. Aunque ahora esta actividad ha sido desplazada de un gran número de establecimientos, este cereal continúa teniendo una gran participación dentro de las actividades productivas, ya que su presencia en las rotaciones es de suma importancia para la sustentabilidad de las producciones agrícolas. El aporte de rastrojos que realiza y las características de su sistema radicular actúan en forma muy beneficiosa para el suelo otorgándole mayor estabilidad y un mejor balance físico, entre otros beneficios, mejorando así la sustentabilidad del sistema de producción (Tellería, 2002).

Trabajos realizados por Sarlangue (2002) en la Estación Experimental Agropecuaria de Balcarce (EEA Balcarce) demostraron que la disminución en el contenido de materia orgánica del suelo es mayor en las rotaciones con predominio de cultivos de verano, particularmente de soja. De aquí se desprende la vital importancia de mantener el maíz dentro de las rotaciones en planteos de agricultura continua o muy prolongada ya que no sólo permite atenuar dicha caída y mantener altos los niveles de estabilidad estructural, sino que tanto el grano como el rastrojo tienen como alternativa su uso en la ganadería (INTA, 2005).

Por otra parte la incorporación de la siembra directa, que permite eliminar los procesos erosivos y mejorar en forma muy significativa la oferta de agua para los cultivos, reduciendo en forma muy marcada los déficit hídricos, es en la actualidad utilizada en el 63% de la superficie maicera a nivel nacional y en el 90% en la Provincia de Córdoba (SAGPyA, 2005).

Ecofisiología del cultivo de maíz

La productividad de los cultivos está determinada por el efecto del ambiente sobre su potencial genético y sobre la partición de la materia seca hacia los destinos cosechables. En los sistemas productivos característicos de la Región Sur de la Provincia de Córdoba, la variabilidad climática, asociada generalmente a las deficiencias de agua durante los períodos críticos de los cultivos, es la causa principal de la fluctuación interanual de los rendimientos.

Considerando que la producción de biomasa es el resultado de la transpiración de agua por la planta y la fijación de CO₂ en un proceso mediado por la radiación conocido como fotosíntesis, la producción de granos podría expresarse en términos de la eficiencia de la planta para captar la radiación solar incidente (Rinc), convertirla en biomasa (Ec) y particionarla hacia órganos cosechables, lo que está fuertemente correlacionado con la cantidad de Radiación Fotosintéticamente Activa interceptada (RFAi). Para ello hay que considerar que la Rinc varía con la ubicación geográfica y la época del año, lo que explica la elección de fechas de siembras y genotipos para maximizar su aprovechamiento (Cantarero *et al.*, 2000; Otegui *et al.*, 2002).

La tasa de crecimiento de los cultivos depende de numerosos factores, como su genotipo, la densidad de siembra, la disponibilidad de agua y nutrientes, la temperatura y los niveles de radiación (Andrade *et al.*, 2002; Otegui y Andrade, 2000). Sin embargo, los factores que controlan el desarrollo de los mismos son en primer lugar la temperatura ya que en general los estadios se cumplen más rápidamente a medida que esta aumenta y en un segundo lugar el fotoperíodo debido a que el maíz responde como una especie cuantitativa de día corto (Andrade *et al.*, 1996). El rendimiento en grano correlaciona positivamente con la Rinc media diaria y con la amplitud térmica, y negativamente con la temperatura media (Andrade, 1992). Esto determina que los rendimientos máximos de maíz correspondan a zonas con elevado nivel de radiación, temperaturas medias bajas y altas amplitudes térmicas (temperaturas diurnas óptimas para el proceso fotosintético y temperaturas nocturnas bajas para retardar la velocidad de desarrollo).

En la Región Sur de la Provincia de Córdoba, el menor Índice de Area Foliar (IAF) en siembras tempranas determina un fuerte desaprovechamiento de la Rinc pero con la ventaja de una mayor duración del ciclo promovida por las temperaturas iniciales más frescas, lo que determina finalmente una mayor cantidad de radiación acumulada hasta la madurez a pesar de la ineficiencia de la captura. En cultivos de crecimiento determinado como el maíz, el rendimiento final suele relacionarse fuertemente con el IAF en floración (Sobrado, 1990). Cuanto mayor es la radiación solar incidente diaria durante el ciclo del cultivo, mayor es el crecimiento y la producción de biomasa total, y por lo tanto, el rendimiento (Muchow *et al.*, 1990).

La floración es el período más crítico para la determinación del rendimiento de maíz. Alrededor de esta etapa fenológica se fija el número de granos (NG) por unidad de superficie; por ello el rendimiento en grano se torna altamente dependiente de la disponibilidad hídrica en un período que se extiende desde 15 días antes hasta 21 días después de la floración (Claasen y Shaw, 1970). En el cultivo de maíz cuando un estrés hídrico se produce durante la floración se reducen las eficiencias de interceptación de la radiación (por aceleración de la senescencia de las hojas), de conversión de la radiación interceptada y de partición de materia seca a espigas. Como consecuencia, aumenta el aborto de estructuras reproductivas y disminuye la producción final de grano. La magnitud de las pérdidas depende de la oportunidad, intensidad y duración del estrés y se manifiesta a través de la disminución de la cantidad de espigas por planta y de un menor número de granos en la espiga (Hall *et al.*, 1981). La etapa pre “silking”¹ del período crítico determina el número de espigas fértiles por planta (i.e. aquellas que expondrán sus estigmas y podrán dar granos cosechables), mientras que en la etapa post “silking” se define el número final de granos (Otegui y Bonhomme, 1998).

En el cultivo de maíz, el NG por unidad de superficie es el componente que mayor asociación tiene con el rendimiento final variando más que el peso del grano (PG) en respuesta a las fluctuaciones en las condiciones ambientales. De los dos componentes que dan lugar al rendimiento, el NG explica más del 80% de la variabilidad del mismo, lo cual está asociado al aborto de flores fecundadas producto de condiciones ambientales desfavorables (sequía, alta temperatura, baja irradiancia, déficit nutricional, etc). Sin deficiencias hídricas y/o nutricionales, el NG fijado por planta se relaciona con la tasa de crecimiento de las mismas en el período próximo a la floración. El síntoma más común en la ocurrencia de un estrés ambiental en el período crítico es la protandria (anticipación de la anthesis respecto de la aparición de estigmas). El PG es considerado generalmente estable debido a que la removilización de reservas permite sostener satisfactoriamente la demanda de los granos en crecimiento (Cantarero *et al.*, 2000; Otegui *et al.*, 2002). El fenómeno de protandria provoca la falta de polen cuando aparecen los estigmas correspondientes a las espiguillas ubicadas en la punta de la espiga, lo que se transforma en la causa más importante de la reducción en el NG por planta. El aumento de este fenómeno es un síntoma del déficit hídrico y no la causa directa del menor NG por planta (Westgate y Boyer, 1986).

En lo que se refiere a los aspectos determinantes del NG, estudios recientes señalan que la disponibilidad de asimilados por espiguilla fértil no es el único factor que controla el establecimiento de granos cuando el agua y los nutrientes no son limitantes (Cárcova *et al.*, 2000). El aborto de ovarios fertilizados tardíamente es una importante fuente de reducción

¹ Silking es sinónimo de floración femenina (R1). Consiste en la emergencia de los estigmas por fuera de la envoltura de las chalas de la espiga.

del NG en maíz. Un retraso de algunos días en la polinización de los primeros estigmas que emergen permite que los ovarios correspondientes a los estigmas del tercio superior de la espiga alcancen su potencial para fijar granos. El NG puede aumentar significativamente (8 a 31%) cuando se sincroniza la polinización de estigmas, tanto entre como dentro de una misma espiga. Estos estudios sugieren que la dinámica de emisión de estigmas, que finalmente afecta la dinámica de polinización (Uribelarrea *et al.*, 2002) y fecundación, podría explicar, al menos parcialmente las diferencias observadas en el número final de granos entre genotipos que crecen sin limitaciones bajo condiciones ambientales similares (i.e. con riego y fertilización). Nuevas investigaciones han intentado definir con exactitud el intervalo que debe mediar entre la polinización de los estigmas de aparición temprana y los de aparición tardía para desencadenar los procesos de dominancia entre granos de una espiga conducentes al aborto (Cárcova y Otegui, 2001).

Basándose en la importancia del cultivo de maíz para la economía regional y para el mantenimiento de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y considerando los efectos que una inadecuada época de siembra puede ejercer sobre el crecimiento, desarrollo y producción cultivo, se plantean la siguiente hipótesis y objetivo de este estudio:

HIPOTESIS:

La acumulación de biomasa y el rendimiento de la siembra normal serán mayores que los correspondientes a la siembra tardía.

OBJETIVO:

Analizar el efecto de la época de siembra sobre la acumulación de materia seca y rendimiento del maíz con riego en la Región Sur de la Provincia de Córdoba.

MATERIALES Y METODOS

Caracterización climática de la región

La región presenta un clima templado subhúmedo, con régimen pluviométrico tipo monzónico, concentrando más del 80% de las lluvias en el semestre cálido (Figura N° 1). La precipitación media anual es de 801 mm (Serie 1974 – 1993) (Seiler *et al.*, 1995).

El régimen térmico es templado – mesotermal. La temperatura media del mes más cálido (Enero) es 23°C y 9,1°C la del mes más frío (Julio), con una media anual de 16,5°C y una amplitud térmica media anual de 13,9°C, (Serie 1974 – 1993). La fecha media de la primera helada meteorológica (temperatura del aire igual o menor a 0°C registrada en el abrigo meteorológico a 1,5m de altura) es el 25 de mayo ($\pm 14,3$ días), mientras que la fecha extrema de la primera helada el 29 de abril. Asimismo la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre ($\pm 20,3$ días), con una fecha extrema de última helada el 4 de noviembre. Esto indica que el período libre de helada alcanza una amplitud media de 256 días. Sin embargo, considerando las heladas extremas, tempranas y tardías, estos períodos se reducen a 176 días (Seiler *et al.*, 1995).

Los vientos prevalecen frecuentemente del N y NE y su mayor velocidad se registra durante el periodo comprendido entre fines de agosto y octubre (Fabricius y Rotondo, 1993).

El granizo es un fenómeno que se presenta normalmente en el período estival.

Los datos diarios de las variables climáticas necesarias para el estudio [temperaturas máximas y mínimas del aire (°C), precipitaciones (mm) y radiación solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)] fueron obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la UNRC ubicada en el mismo campo experimental y en la vecindad de las parcelas experimentales.

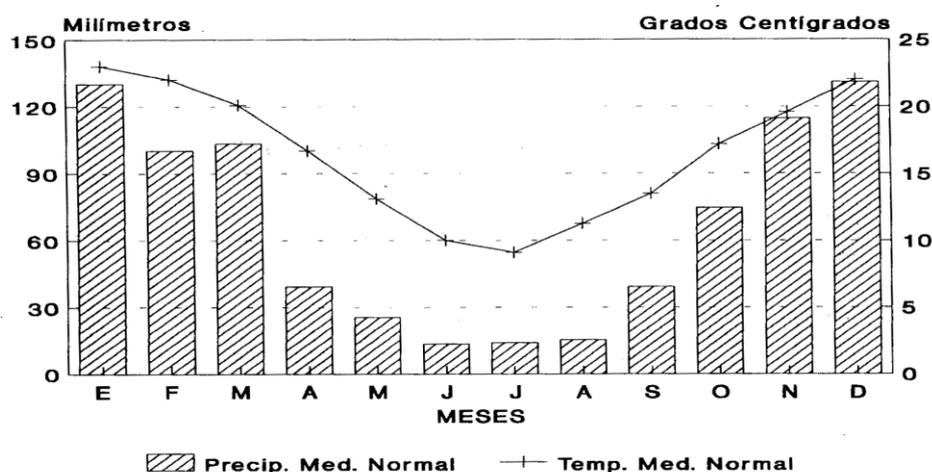


Figura N° 1: Valores medios normales de precipitación y temperatura para el periodo 1974 – 1993 (luego de Seiler *et al.*, 1995).

Análisis de las precipitaciones y temperaturas correspondientes a la campaña 2005/06, durante el ciclo del cultivo y para las dos épocas de siembra

La Figura N° 2 muestra que a nivel general durante el ciclo de los cultivos las precipitaciones fueron menores a los valores medios esperados, ocurriendo déficits marcados particularmente durante la 3ª década de diciembre y la 2ª de febrero, ya que llovieron en promedio alrededor de 50 y 40 mm menos que los valores normales, respectivamente. Por el contrario, en la 3ª década de octubre y la 2ª de enero, las lluvias superaron aproximadamente en 25 mm a las cuantías normales de precipitación, mientras que en la 1ª década de febrero dicho incremento alcanzo los 50 mm.

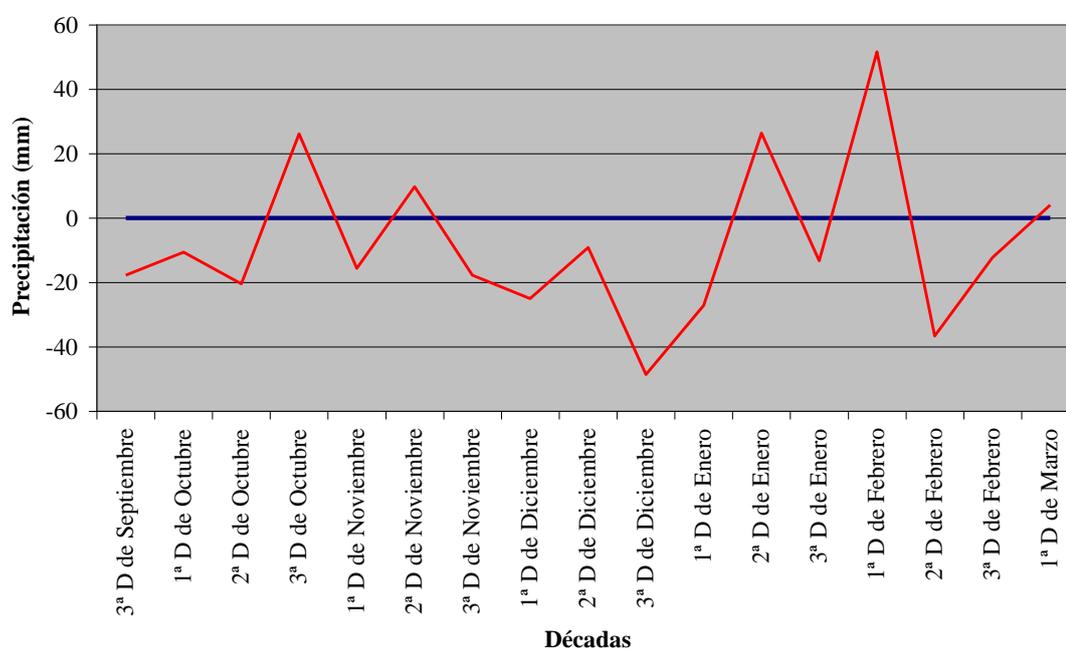


Figura N° 2: Desvíos de las precipitaciones durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales (Serie 1974 - 1993).

Como se aprecia en la Figura N° 3, las temperaturas máximas para la campaña 2005/06, fueron acentuadamente superiores a las medias normales, excepto en la 3ª década de octubre y de febrero, en donde éstas presentaron un valor marcadamente inferior a la media.

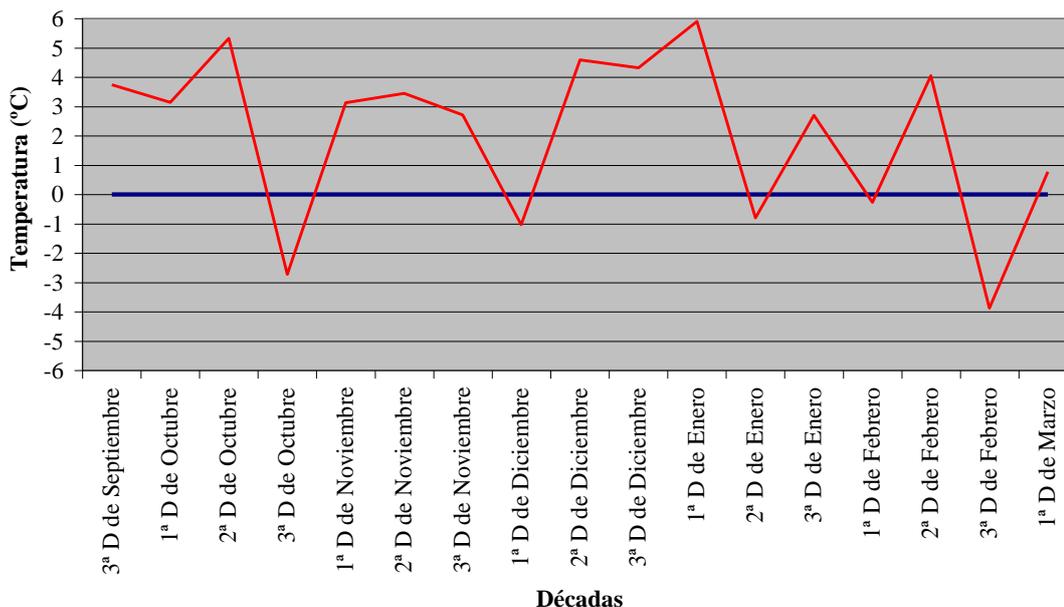


Figura N° 3: Desvíos de las temperaturas máximas durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales (Serie 1974 - 1993).

Cuando se analizan las temperaturas mínimas, se observa en la Figura N° 4 que prevalecieron valores térmicos inferiores a la media, con excepción de algunos períodos (2ª y 3ª década de noviembre, y el comprendido entre la 2ª década de diciembre y la 2ª década de febrero, a excepción de la 2ª década de enero) en los cuales la temperatura mínima superó en algo más de 1°C los valores medios esperados.

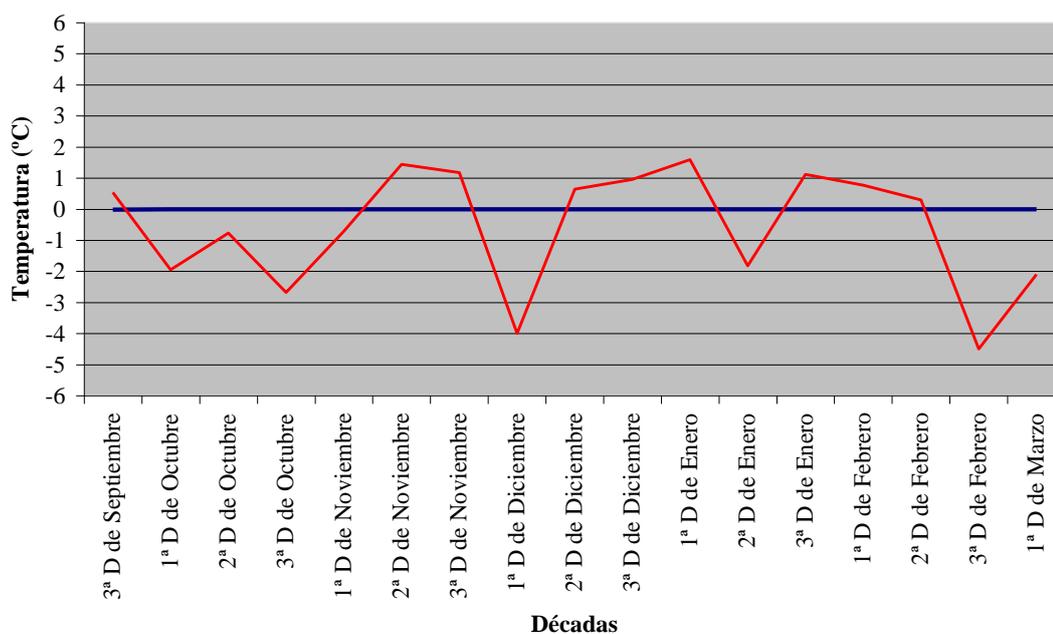


Figura N° 4: Desvíos de las temperaturas mínimas durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales (Serie 1974 - 1993).

Al analizar las temperaturas medias de la campaña (Figura N° 5), se observa una alternancia alrededor de los valores normales, registrando en general desvíos positivos aunque también se aprecian marcados desvíos negativos correspondiendo a aquellas décadas donde las temperaturas máximas y mínimas presentaron valores inferiores a los esperados, como ocurrió en la 3ª década de octubre, 1ª de diciembre y la 3ª de febrero.

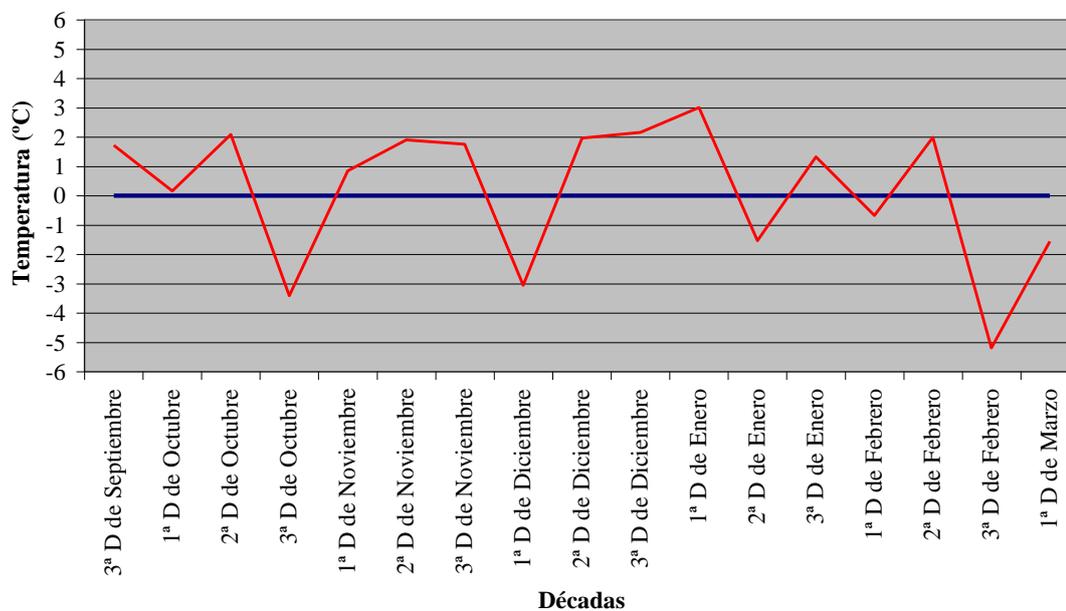


Figura N° 5: Desvíos de las temperaturas medias durante la campaña 2005/06 con respecto a los valores normales (Serie 1974 - 1993).

Caracterización de los suelos de la Región Sur de la Provincia de Córdoba, relieve del área de estudio y perfil típico del ensayo

La Región Sur de la Provincia de Córdoba se caracteriza por presentar una gran variabilidad en el tipo de suelos. En general, se encuentran suelos livianos con importantes porcentajes de arena (franco arenosos, francos y arenosos francos) alternando en muchos casos con suelos más pesados. El elevado porcentaje de arena determina una alta susceptibilidad a la erosión eólica y si bien son suelos profundos, presentan una baja capacidad de retención hídrica. La gran variabilidad de los suelos también se manifiesta en la capacidad de intercambio catiónico, en el porcentaje de materia orgánica, en los niveles de Nitrógeno total y Fósforo asimilable, entre otros nutrientes. Dicha variabilidad en los suelos también se manifiesta dentro de un mismo campo y aún dentro de un mismo lote (Tellería, 2002).

El área de estudio pertenece a la unidad catastral N° 22, comprendiendo el sector circundante a la ciudad de Río Cuarto. El relieve es normal, ondulado a muy suavemente ondulado, con pendientes medias y largas con distinto grado de complejidad y gradientes entre 1 y 3% (Cantero *et al.*, 1986). El suelo en el que se llevó a cabo el ensayo es un Hapludol típico, con textura franco arenosa (46% de limo, 42% de arena y 12% de arcilla), 2% de materia orgánica y un pH de 6,5. El funcionalismo de estos suelos no manifiesta impedimentos estructurales para el desarrollo radicular ni problemas de aireación y temperatura; en algunos casos son excesivamente drenados y su capacidad de retención hídrica es media a baja².

² Ing. Agr. M. Sc. Eugenio Hampp, comunicación personal

En las Tablas N° 6 y 7 se presentan las características físicas y químicas del suelo en el cual se realizó el ensayo, y en la Tabla N° 8 se detalla una valoración de la tabla predecesora.

Tabla N° 6: Propiedades físicas del suelo.

Horizonte	Profundidad (cm)	PEA (g cm ⁻³)	Lámina de agua en PMP (mm)	Lámina de agua a CC (mm)
Ap	0-5	1,23	8,49	20,72
Ad	5-20	1,32	10,86	21,72
Bw1	20-36	1,36	10,38	22,19
Bw2	36-60	1,26	9,09	19,61
BC	60-81	1,26	8,09	17,89
C	81-99	1,26	7,93	18,52
Ck	99-120	1,26	7,93	18,52
K	120-150	1,26	7,93	18,52

Nota: PEA: peso específico aparente, CC: capacidad de campo, PMP: punto de marchitez permanente. Fuente: Puiatti, *et al.*, (2006).

Tabla N° 7: Propiedades químicas del suelo (Fecha de extracción de muestras: 15/09/2005).

RESULTADOS						
Profundidad (cm)	0-6	6-21	21-36	36-60	60-81	81-100
Identificación (muestra)	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 6
Reacción de pH (en agua)	6,70	6,10	6,00	6,10	6,30	7,20
Materia Orgánica (%)	2,48	3,01	2,02	1,09	0,89	0,98
Materia Orgánica Joven (%)	0,244	0,260	-	-	-	-
N-NO ₃ (ppm)	24,00	32,20	18,00	9,40	9,60	9,00
Fósforo Extractable (ppm)	35,86	22,82	18,74	22,00	14,67	7,33
S-SO ₄ (ppm)	21,18	18,45	14,45	15,55	18,57	21,41
Calcio (meq 100 g ⁻¹)	5,88	5,17	4,81	4,79	5,15	5,76
Magnesio (meq 100 g ⁻¹)	4,06	4,00	3,95	3,73	3,89	4,16
Potasio (meq 100 g ⁻¹)	1,116	1,093	1,232	1,204	1,104	1,140
Sodio (meq 100 g ⁻¹)	0,1497	0,0499	0,0499	0,0499	0,0998	0,1497
Cap. de Int. Catiónico (meq 100 g ⁻¹)	11,35	12,91	17,04	10,17	10,24	-
Suma de Bases (meq 100 g ⁻¹)	11,25	10,31	10,04	9,77	10,24	11,20
Saturación con Bases (%)	99,00	79,80	58,92	95,41	100,00	-

Nota: Para la realización de los cálculos se ha tomado como valor general de PEA 1,3 g cm⁻³.

Los métodos utilizados en la determinación de aspectos químicos del suelo fueron:

- N:** - Extracción: Sulfato de Calcio.
 - Método Analítico: Reducción del Cadmio.
- P:** - Extracción: Extractante Bray P1.
 - Método Analítico: Reducción del Acido Ascórbico.
- K:** - Extracción: Extractante Mehlich 2 SIW.
 - Método Analítico: Fluorid Acid.
- S:** - Extracción: Fosfato de Calcio.
 - Método Analítico: Turbidez del Sulfato de Bario.
- Na:** - Extracción: Extracto de saturación.
 - Método Analítico: Ión específico.
- Ca/Mg:** - Extractante: Mehlich 2 SIW.
 - Método Analítico: Método Colorimétrico Calmagite.
- Materia Orgánica:** - Método Analítico: Reducción del Dicromato de K.
 - Método granulorimétrico:
 -Materia Orgánica Total: Malla de 2 mm.
 -Materia Orgánica Joven: Malla entre 0,1 y 2 mm.

Tabla N° 8: Valoración de la fertilidad y pH de las distintas muestras de suelo.

	Muestras					
	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 6
Nitrógeno	MBFA	MBFA	BFA	MFA	MFA	MFA
Fósforo	BP	MP	MP	MP	MP	PP
Azufre	MP	MP	PP	PP	MP	MP
pH	NEUTRO	ACIDO	ACIDO	ACIDO	ACIDO	DA
Mat. Org.	MBFP	MBFP	BFP	BFP	BFP	BFP

Nota: MBFA: Muy buena fertilidad actual; BFA: Buena fertilidad actual; MFA: Mediana fertilidad actual; BP: Bien provisto; MP: Medianamente provisto; PP: Poco provisto; DA: Débilmente alcalino; MBFP: Muy buena fertilidad potencial; BFP: Buena fertilidad potencial.

Caracterización del ensayo de campo

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto (33° 07' S, 64° 14' W, 421 msnm) durante la campaña agrícola 2005/2006, en condiciones de riego y secano y utilizando un híbrido simple de maíz (Nidera AX 884).

La primera siembra se realizó el 22 de septiembre mientras que la segunda se llevó a cabo el 2 de noviembre, utilizando en ambas fechas las densidades de siembra recomendadas para la zona en estudio (80.000 semillas ha⁻¹), lográndose una implantación de 70.000 plantas ha⁻¹. Las dos fechas de siembra seleccionadas representaron distintas condiciones ambientales durante la fenología del cultivo.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones mientras que los cuatro tratamientos surgen de una combinación factorial entre dos fechas de siembra y riego o secano.

El ensayo se efectuó sobre un lote de 80 m de largo por 37,44 m de ancho, el cual contenía 72 hileras de plantas con un espaciamiento de 0,52 m entre las mismas, abarcando una superficie de 2995,2 m². El lote fue dividido en cuatro parcelas de 748,8 m² cada una, con las siguientes dimensiones: 80 m de largo por 9,36 m de ancho conteniendo 18 hileras. Además cada parcela fue dividida en cuatro subparcelas de 187,2 m² (consideradas unidades experimentales-UE), de 40 m de largo por 4,68 m de ancho y con 9 hileras. (Figura N° 6).

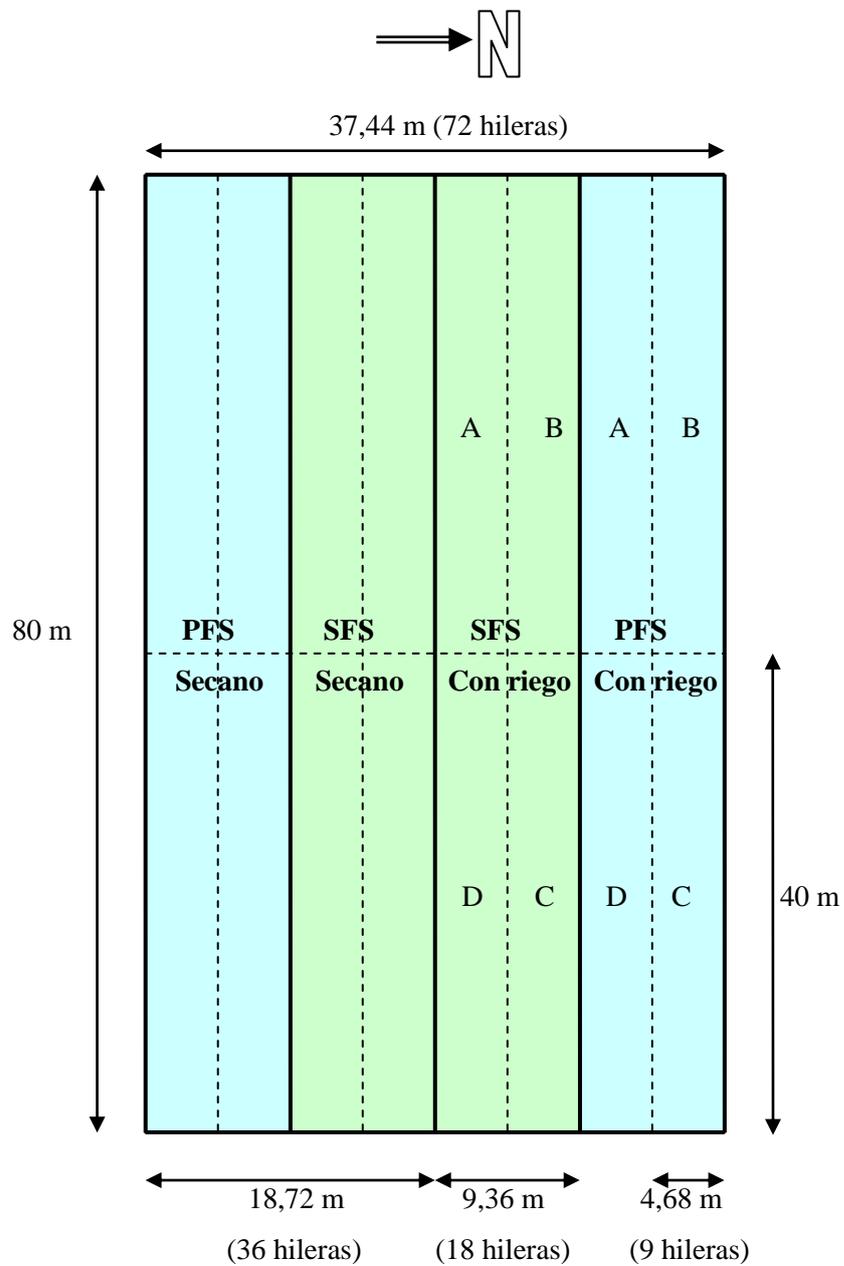


Figura N° 6: Esquema del ensayo experimental

Nota: Primera Fecha de Siembra (PFS), parcelas en secano y con riego en los extremos y Segunda Fecha de Siembra (SFS), parcelas en secano y con riego en el centro. Subparcelas (UE): A, B, C y D.

Para el riego se utilizó un equipo de riego por aspersión de avance lateral, compuesto de dos torres de 43,8 m cada una con un voladizo de 10 m (Figura N° 7).



Figura N° 7: Equipo de riego del Campo Experimental de la UNRC.

El agua aplicada fue de buena calidad, clasificada según U.S. Salinity Laboratory como C2-S1 de acuerdo al análisis realizado por el Departamento de Geología de la UNRC (1996). La misma fue provista por una electrobomba sumergible (caudal: 65000 l h^{-1}) y conducida por una tubería enterrada hasta los hidrantes, los cuales se conectan al equipo por medio de una tubería flexible. El riego fue aplicado cada vez que el contenido hídrico del suelo era inferior al 60% del correspondiente a capacidad de campo, realizándose el seguimiento del agua edáfica en las UE A y C de cada parcela mediante el método gravimétrico, tomando muestras semanales de cada horizonte del perfil del suelo hasta 1 m de profundidad. Las muestras de suelo obtenidas fueron pesadas en húmedo (PH) y colocadas a estufa a 105°C hasta lograr peso constante obteniéndose el peso en seco (PS) y finalmente por cálculo el contenido hídrico expresado en lámina de agua (mm) y volumétrico [cm^3 (agua) cm^{-3} (suelo)].

En la Tabla N° 9 se presentan las fechas de aplicación de cada riego y las láminas aplicadas en cada época de siembra.

Tabla N° 9: Fechas de riego y lámina aplicada para las distintas épocas de siembra.

Fecha de siembra			
PFS: 22 de Septiembre de 2005		SFS: 2 de Noviembre de 2005	
Fecha de riego	Lamina aplicada	Fecha de riego	Lamina aplicada
21/09/05	10 mm	16/11/05	20 mm
28/09/05	25 mm	30/11/05	30 mm
18/10/05	30 mm	04/12/05	5 mm
08/11/05	10 mm	15/12/05	30 mm
16/11/05	20 mm	03/01/06	30 mm
30/11/05	30 mm	05/01/06	30 mm
15/12/05	30 mm	11/01/06	30 mm
03/01/06	30 mm	17/01/06	30 mm
05/01/06	30 mm	25/01/06	30 mm
11/01/06	30 mm	01/02/06	30 mm
17/01/06	30 mm	07/02/06	30 mm
---	---	15/02/06	30 mm
---	---	22/02/06	30 mm

Nota: La lámina de 10 mm aplicada el 21/09/05 tuvo como objetivo generar condiciones de humedad adecuada para la germinación de la semilla, mientras que los riegos de 10 mm del 08/11/05 y los 5 mm del 04/12/05 fueron realizados inmediatamente después de la refertilización nitrogenada para favorecer la incorporación del fertilizante.

El rendimiento del maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual es función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto para alcanzar altos rendimientos, el maíz debe lograr un óptimo estado fisiológico en floración: cobertura de suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. La adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente cuando el cultivo tiene 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Los nutrientes disponibles en el suelo limitan la producción de maíz, siendo necesario conocer los requerimientos del cultivo y la oferta del suelo para determinar las necesidades de fertilización. Considerando el nitrógeno y el fósforo como los macronutrientes más limitantes para la producción maicera y en función de los análisis

químicos correspondientes para ambas fechas de siembra (Tabla N° 7) y para lograr la expresión del potencial genético del híbrido, se fertilizó a la siembra con 100 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico y se complementó con una segunda fertilización nitrogenada al voleo de 200 kg ha⁻¹ de urea granulada cuando el cultivo se encontraba en V5/V6.

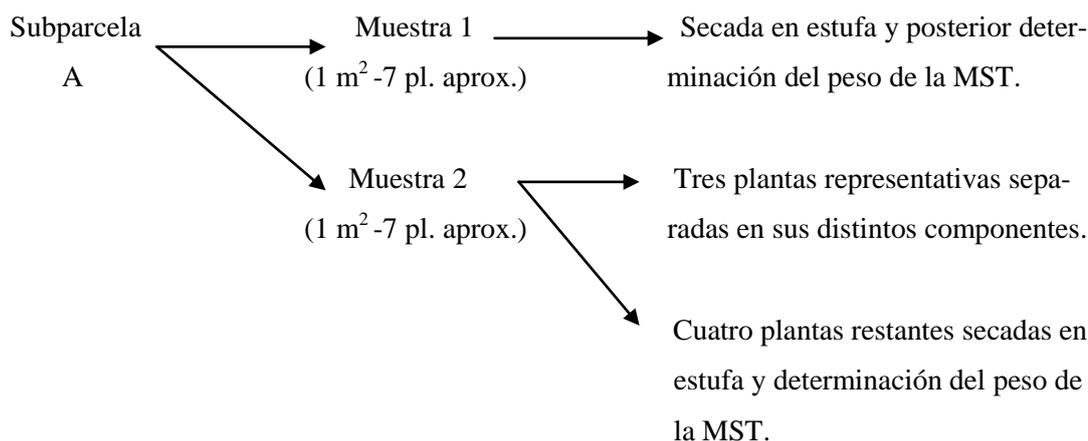
Las observaciones fenológicas siguieron los estadios de desarrollo determinados por Ritchie y Hanway (1997). Los estadios de desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo fueron observados semanalmente durante el ciclo, siendo las mismas realizadas sobre diez plantas seleccionadas en cada UE al inicio del cultivo las cuales se encontraban en igualdad de competencia (Tabla N° 10).

Tabla N° 10: Fenología del cultivo de maíz para las distintas épocas de siembra.

Fases	PFS	SFS
Ve	02/10/2005	10/11/2005
V6	11/11/2005	01/12/2005
R1	22/12/2005	09/01/2006
R4	18/01/2006	09/02/2006
R6	12/02/2006	07/03/2006

Nota: Ve = Emergencia del cultivo, V6: seis hojas desplegadas, R1 = Floración femenina, R4 = Grano pastoso, R6 = Madurez fisiológica.

La producción de materia seca fue determinada sobre dos muestras de 1 m² (7 plantas) obtenidas de cada UE en cuatro momentos del ciclo del cultivo: V6, R1, R4 y R6. De una de las muestras de cada UE, se extrajeron tres plantas representativas las que fueron separadas en sus distintos componentes: vaina, tallo, lámina de la hoja, marlo, grano y chala y secadas en estufa a 80°C hasta peso constante. Las muestras para el rendimiento final fueron extraídas cuando el cultivo se encontraba en R6 [50% de las plantas con capa negra (capa de abscisión en la base de cada grano), madurez fisiológica]. El procedimiento para la determinación de la materia seca total (MST) y de cada uno de sus componentes fue el siguiente:



De la misma manera se procedió para las demás UE (B, C y D) de cada época de siembra.

A continuación se detalla el procesamiento de las tres plantas representativas obtenidas de una de las muestras de 1 m² de cada UE siguiendo la metodología propuesta por Ogoshi *et al.*, (1999).

- V6: Área Foliar Fotosintéticamente Activa (AFFA) y los pesos secos (PS) de la Lámina Fotosintéticamente Activa (LFA), Lámina No Fotosintéticamente Activa (LNFA) y de las vainas (V).
- R1: AFFA, PS de la LFA, LNFA, tallo (T), chala (CH) y marlo (M), (diferenciándolas en caso de que exista más de una espiga por planta).
- R4 y R6: AFFA, PS de la LFA, LNFA y T. Para el caso de la primera espiga se midió su PS total, peso medio de 100 granos (G) (promedio de dos muestras), PS de todos los granos, CH y M y se contó el número de hileras espiga⁻¹, número de granos hilera⁻¹ y granos espiga⁻¹. En la segunda espiga se midió únicamente el PS de la CH, M y de la totalidad de los G.
- R6: En cada UE se extrajeron todas las espigas que se encontraban en una superficie de 10 m², se determinó su número y se las separó en M y G. Con el peso seco de los G encontrados en 10 m² se estimó el rendimiento del cultivo en Kg ha⁻¹.

El AFFA fue determinada usando un medidor electrónico de área foliar marca LICOR (LI-3000A Portable Area Meter). Todas las muestras destinadas a determinar la MST y de cada uno de los componentes fueron secados en estufas a 80° C hasta lograr peso constante.

Los resultados del ensayo fueron analizados por medio del Análisis de Varianza (InfoStat, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia de la fecha de siembra sobre la acumulación de materia seca

La variación de la fecha de siembra, modifica las condiciones ambientales a las que se ve expuesto el cultivo a lo largo de la estación de crecimiento y por lo tanto influye marcadamente sobre su crecimiento y desarrollo.

Al retrasar la fecha de siembra, las mayores temperaturas que experimenta el cultivo durante sus etapas iniciales de crecimiento provocan la aceleración de su desarrollo (Cirilo, 1994). Al igual que lo expresado por este autor, para las condiciones de la Región Sur de la Provincia de Córdoba, el retraso de la siembra de maíz del 22 de septiembre (PFS) al 2 de noviembre (SFS) del mismo año, acortó la duración del ciclo de crecimiento del cultivo debido, principalmente al acortamiento del subperíodo siembra – floración. En la Tabla N° 11 se observa una disminución de 23 días para la SFS con respecto a la PFS para ese subperíodo. En estas condiciones y en coincidencia con Andrade *et al.* (1996) tanto el adelantamiento del momento de emergencia del cultivo como el acortamiento del subperíodo emergencia – cambio del ápice, y entre éste y la floración, muestran una estrecha asociación con la temperatura.

Tabla N° 11: Duración (en días) de las etapas fenológicas y unidades térmicas acumuladas (en grados días⁻¹) en función de la fecha de siembra.

Subperíodo	PFS		SFS	
	Duración (días)	Tiempo térmico (°C días ⁻¹)	Duración (días)	Tiempo térmico (°C días ⁻¹)
Siembra – Emergencia	10	56,6	8	73,1
Emergencia – Floración femenina	82	949,8	61	902,5
Floración femenina – madurez fisiológica	51	790,2	57	776,6
Total del ciclo	143	1796,6	126	1752,2

Nota: Las unidades térmicas acumuladas fueron calculadas sobre una temperatura base (T^{°b}) de 10°C para el subperíodo siembra – emergencia y de 8°C para el subperíodo emergencia – madurez fisiológica.

El acortamiento del tiempo entre la emergencia y la floración del cultivo en las siembras tardías redujo el aprovechamiento de la oferta ambiental de la radiación solar.

Los niveles de radiación que llegan diariamente al cultivo durante la etapa posterior a la floración decaen progresivamente al avanzar la estación de crecimiento. Esta disminución en la radiación solar incidente se aprecia en la Figura N° 8, donde a partir del 22 de diciembre (solsticio de verano) la radiación solar recibida por el follaje del cultivo descendió progresivamente al avanzar el ciclo del cultivo.

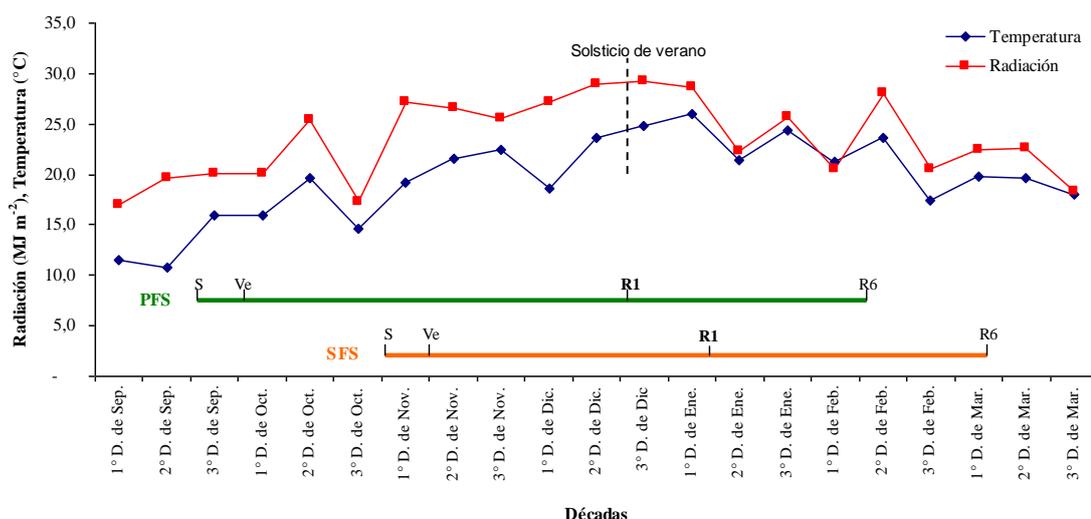


Figura N° 8: Evolución de los valores diarios de radiación solar total incidente y temperatura media del aire, durante la estación de crecimiento del maíz, en Río Cuarto. S = Siembra, Ve = Emergencia, R1 = Floración femenina y R6 = Madurez fisiológica. Se grafican los promedios decádicos correspondientes a la campaña agrícola 2005/2006.

Varios autores concuerdan en que, en el maíz, la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa vegetal (E_c), es relativamente estable en un amplio rango de variables ambientales y de manejo (Gallagher y Biscoe, 1978; Gifford *et al.*, 1984; Kiniry *et al.*, 1989). Sin embargo, Carberry *et al.*, (1989) y Andrade *et al.*, (1993) dieron a conocer que para el maíz, temperaturas medias por debajo de 20 °C tienen un efecto negativo sobre la E_c . Para la zona de estudio, las temperaturas medias diarias frecuentemente se ubican por debajo de dicho umbral al comienzo y al final de la estación de crecimiento. Consecuentemente, la modificación de la fecha de siembra del cultivo en este ensayo puede haber afectado la E_c . Esta posible alteración en la E_c se manifestó en un ritmo diferente de acumulación de biomasa aérea durante algunos subperíodos del ciclo del cultivo de maíz (Figura N° 9).

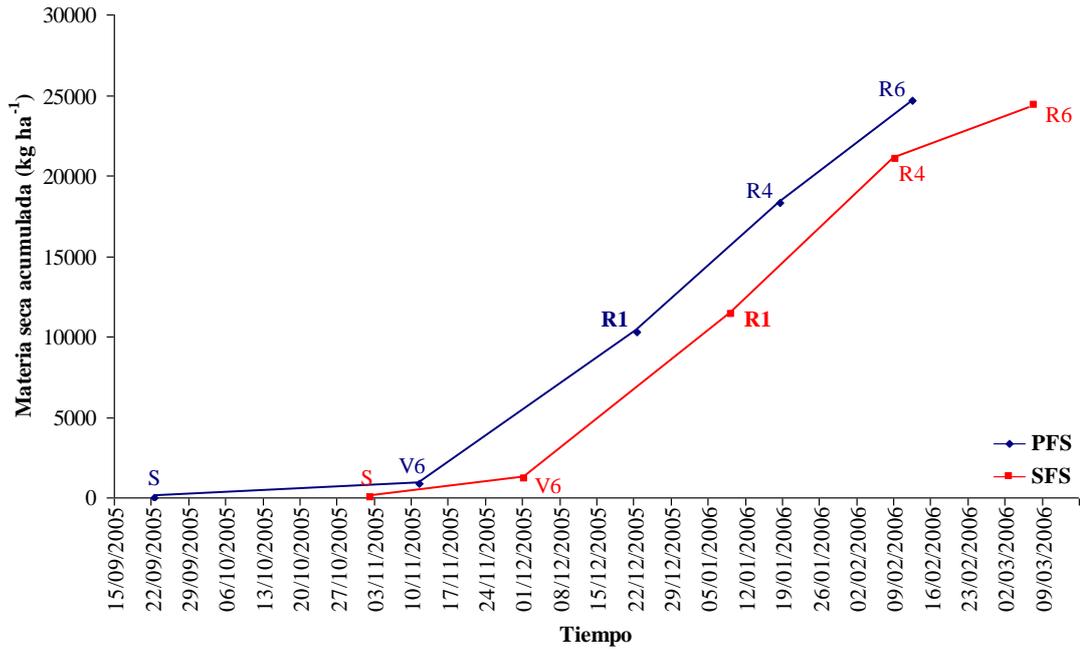


Figura N° 9: Materia seca aérea acumulada en distintos estadios fenológicos durante el ciclo de cultivo en función de la fecha de siembra (PFS: 22 de septiembre; SFS: 2 de noviembre).

El rápido crecimiento y desarrollo foliar al retrasar la siembra mejoró la capacidad de interceptación permitiendo hacer una eficiente captación de los elevados niveles diarios de radiación solar incidente disponibles en el período vegetativo, que fueron convertidos en materia seca con alta eficiencia, determinando un aumento de la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en la etapa previa a la floración ($18,7 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ vs $12,5 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), (Tabla N° 12). Por otra parte, la acumulación de materia seca después de la floración fue menor en la SFS ($22,7 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ vs $28,2 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) lo cual esta relacionado a los bajos valores de radiación incidente diaria y a la menor eficiencia del cultivo en utilizarla que caracteriza a las siembras tardías, logrando resultados similares a los obtenidos por Andrade *et al.*, (1996).

Tabla N° 12: Materia seca aérea acumulada (en g m^{-2}) y Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC, en $\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) durante distintos subperíodos en función de la fecha de siembra.

Subperíodo	PFS			SFS		
	Días	MS acum. (g m^{-2})	TCC ($\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)	Días	MS acum. (g m^{-2})	TCC ($\text{g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$)
Ve – V6	41	90,8	2,2	22	117,2	5,3
V6 – R1	41	937,3	22,9	39	1020,8	26,2
Ve – R1	82	1028,1	12,5	61	1138	18,7
R1 – R4	27	806,3	29,9	31	960,7	31
R4 – R6	24	629,7	26,2	26	335,9	12,9
R1 – R6	51	1436	28,2	57	1296,6	22,7
Ve – R6	133	2464,1	18,5	118	2434,6	20,6

En este ensayo, el retraso en la siembra de septiembre a noviembre resultó en plantas más altas y pesadas en floración, a pesar del menor tiempo de crecimiento disponible.

En conclusión, las siembras tardías en la región de estudio resultaron en: i) altas TCC durante su etapa vegetativa debido a la eficiente interceptación y utilización de los elevados valores de radiación incidente; y, ii) bajas TCC durante el periodo reproductivo, debido a la baja eficiencia de conversión y menores niveles de radiación incidente. Por lo tanto, las siembras tardías favorecen el crecimiento vegetativo mientras que las tempranas favorecen el crecimiento reproductivo, a juzgar por la cantidad de materia seca acumulada antes y después de la floración (Tabla N° 12). Además en climas templados, la modificación en la fecha de siembra afecta la biomasa acumulada por el cultivo alterando los componentes determinantes de su producción: la TCC y la duración de dicho crecimiento a lo largo del ciclo (Tabla N° 11 y 12).

Con el objetivo de determinar la significancia de las diferencias de materia seca aérea total acumulada entre ambas fechas de siembra se realizó un Análisis de Varianza (Tabla N° 13), el cual indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas que demuestren que un atraso en la fecha de siembra (del 22 de septiembre al 2 de noviembre) determine una menor acumulación de materia seca del cultivo. Tampoco se observa un efecto significativo en la interacción fecha de siembra y riego o secano. No obstante se aprecia en la misma tabla una diferencia significativa en la acumulación de materia seca cuando se realiza este análisis entre los tratamientos con riego vs. secano para cada fecha de siembra.

Tabla N° 13: Análisis de la Varianza para un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos que surgen de una combinación factorial entre dos fechas de siembra y riego o seco.

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	599665386,81	6	99944231,14	20,60	0,0001
F. de siembra	11146,08	1	11146,08	0,0023	0,9628
Bloque	2236872,77	3	745624,26	0,15	0,9247
Riego/Secano	596928732,02	1	596928732,02	123,01	<0,0001
F. de siembra * Riego/Secano	488635,95	1	488635,95	0,10	0,7582
Error	43673079,69	9	4852564,41		
Total	643338466,50	15			

Estos resultados pueden ser explicados probablemente por el efecto del estrés hídrico que presentó la primera fecha de siembra cerca de la floración ya que por fallas operativas no se realizó el riego en el momento adecuado. De ello se deduce que una deficiencia en los niveles de humedad en los cultivos opera a través de una disminución de la expansión foliar o en una aceleración de la senescencia de las hojas, y por lo tanto, reduce la eficiencia con que el cultivo intercepta la radiación incidente. La *Ec* también disminuye en condiciones de estrés hídrico, como resultado de caídas en el ritmo fotosintético. En consecuencia, la TCC también es afectada (Andrade *et al.*, 1996).

Influencia de la fecha de siembra sobre el rendimiento en grano y sus componentes

El retraso en la fecha de siembra del maíz desplazó el período reproductivo hacia fines del verano donde imperaron condiciones declinantes de radiación y temperatura (Figura N° 8) que afectaron los procesos involucrados en la determinación del rendimiento.

Numerosos estudios han determinado que las modificaciones en las condiciones de crecimiento que ocasionan las siembras tardías limitan la producción de materia seca en el período de floración e incrementan el aborto de estructuras reproductivas (Tollenaar, 1977; Fischer y Palmer, 1984; Tollenaar *et al.*, 1992) disminuyendo el número final de granos que llegan a cosecha, reduciendo la tasa de llenado, la duración del período de llenado de los granos y por lo tanto el peso de los mismos determinando finalmente una reducción en el rendimiento (Cirilo y Andrade 1994, 1996).

En este ensayo, el retraso en la siembra de septiembre a noviembre no ocasionó como se esperaba una disminución en el **número de granos por espiga** (NG espiga⁻¹) ya que se observa un mayor NG en la SFS (Tabla N° 14) aunque las espigas de ambas siembras presentan diferencias en su tamaño (Figura N° 10). El menor NG que se observó en la PFS está relacionado a la menor TCC en los subperíodos V6 – R1 y R1 – R4 (Tabla N° 12).

Tabla N° 14: Números de granos por espiga obtenidos a cosecha en función de la fecha de siembra para cada unidad experimental (UE).

UE	Numero de granos por espiga	
	PFS	SFS
A	576	560
B	490	656
C	544	616
D	576	736
Promedio	546	642



Figura N° 10: Espigas promedio obtenidas a cosecha en función de la fecha de siembra. Izquierda: Segunda fecha de siembra (SFS); Derecha: Primera fecha de siembra (PFS).

Aunque el peso final del grano es bastante estable frente a la variación ambiental (Hall *et al.*, 1981; Kiniry y Ritchie, 1985), la declinación marcada en los registros térmicos durante el período de **llenado del grano** del cultivo en la SFS redujo la velocidad de acumulación de materia seca ocasionando una disminución en el peso promedio del grano (Tabla N° 15) debido a que la TCC para la siembra tardía en el subperíodo R4 – R6 fue muy inferior a la de la PFS (Tabla N° 12).

Tabla N° 15: Peso promedio de 100 granos obtenidos a cosecha en función de la fecha de siembra para cada unidad experimental (UE).

UE	Peso medio de 100 granos (g)	
	PFS	SFS
A	36,17	33,50
B	37,61	33,17
C	36,35	33,38
D	36,60	29,22
Promedio	36,68	32,32

Como resultado del NG y peso del grano (PG) obtenido en las distintas UE para cada fecha de siembra, se presenta en la Tabla N° 16 los rendimientos obtenidos en este ensayo.

Tabla N° 16: Rendimiento en grano a cosecha en función de la fecha de siembra para cada unidad experimental (UE).

UE	Rendimiento en grano (kg ha ⁻¹)	
	PFS	SFS
A	14585,1	13134,0
B	12901,4	15231,7
C	13842,1	14392,0
D	14757,1	15055,9
Promedio	14021,4	14453,4

Al analizar la influencia de la fecha de siembra sobre el **rendimiento en grano** a cosecha se observa que según el Análisis de Varianza (Tabla N° 17) no hay diferencias estadísticamente significativas entre ambas épocas de siembra. Por lo tanto y de acuerdo a este ensayo, el atraso en la fecha de siembra (del 22 de septiembre al 2 de noviembre) no ocasionaría un menor rendimiento a cosecha.

Tabla N° 17: Análisis de la Varianza para un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos que surgen de una combinación factorial entre dos fechas de siembra y riego o seco.

Fuentes de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	326937753,36	6	54489625,56	42,44	<0,0001
F. de siembra	1493387,87	1	1493387,87	1,16	0,3089
Bloque	2241920,56	3	747306,85	0,58	0,6415
Riego/Secano	318851288,81	1	318851288,81	248,35	<0,0001
F. de siembra * Riego/Secano	4351156,11	1	4351156,11	3,39	0,0988
Error	11555069,40	9	1283896,60		
Total	338492822,75	15			

Las causas de las diferencias observadas en estos resultados con respecto a la bibliografía están relacionadas a las condiciones de disponibilidad de agua con las que se desarrollo el cultivo en cada época de siembra. Si bien se han analizado los ensayos bajo riego, durante la PFS y como resultado de deficiencias operativas se produjo una falta de agua durante el período crítico del cultivo. Esta deficiencia quedó demostrada al analizar los archivos de salida del modelo de simulación CERES 3.5 (Jones y Kiniry, 1986; Kiniry, 1991, Ritchie *et al.*, 1998) calibrado y validado para la región³, con el cual se simuló el crecimiento y desarrollo del cultivo en ambas fechas de siembra. En la Figura N° 11 se presenta la variación de los coeficientes de estrés hídrico que afectan la fotosíntesis (WSPD) y el crecimiento (WSGD) a lo largo del ciclo del cultivo, observándose valores superiores a 0,8 (0 = sin estrés; 1 = estrés máximo) durante el período comprendido entre los 15 días anteriores a la floración y los 21 días posteriores a la misma durante la PFS, no así para la SFS que no sufrió estrés hídrico durante ese periodo crítico.

³ Ing. Agr. M. Sc. Marta Vinocur, comunicación personal. Alumno Leonel Venturini, trabajo final en redacción.

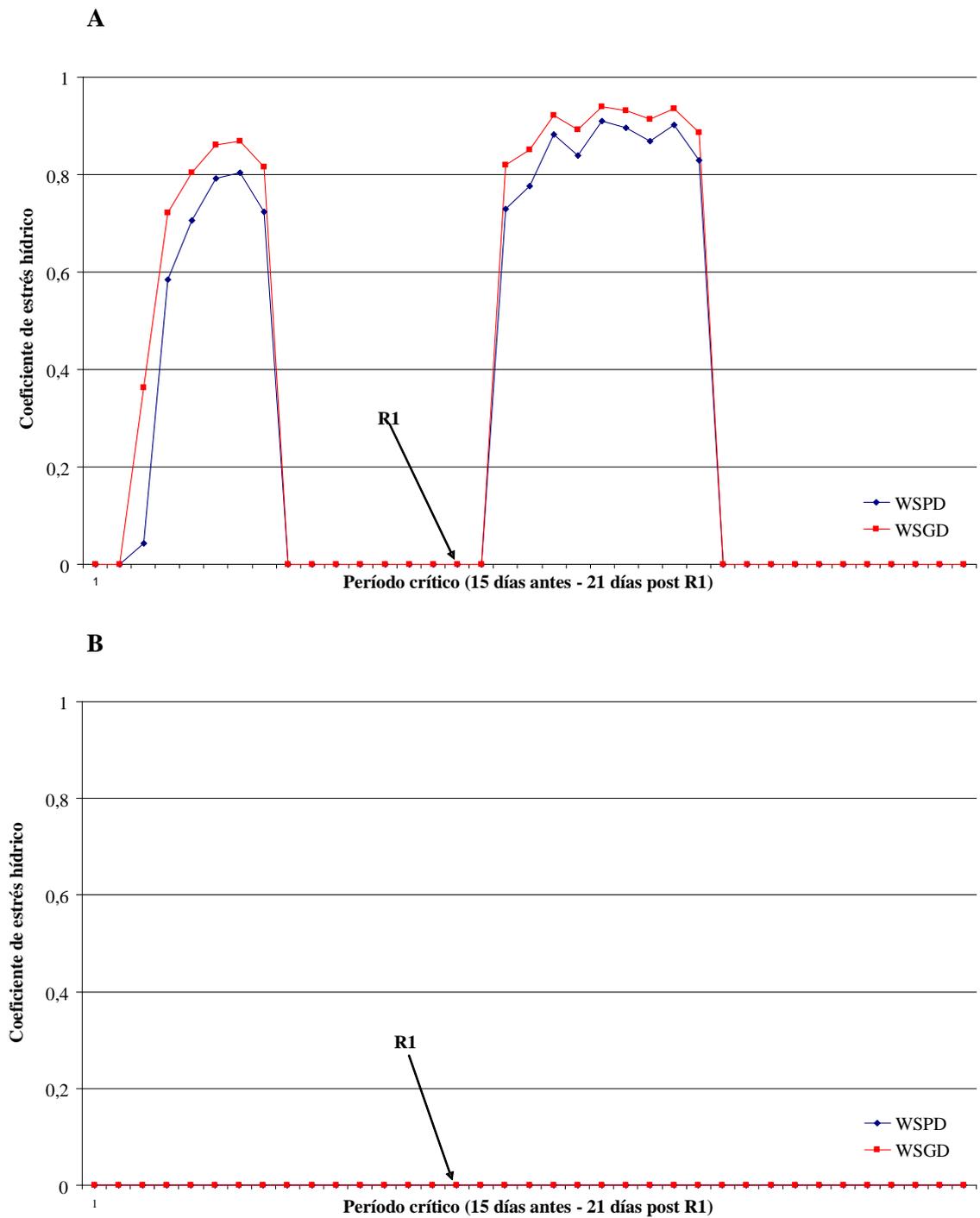


Figura N° 11: Variación de los coeficientes de estrés hídrico sobre la fotosíntesis (WSPD) y el crecimiento (WSGD) durante el período crítico del cultivo (15 días antes a 21 días post R1) para la PFS (A) y la SFS (B).

Considerando la información que surge de este ensayo, la escasa diferencia observada en el rendimiento en grano entre ambas fechas de siembra, puede atribuirse al déficit hídrico sufrido durante el período crítico de la PFS. Esta afirmación coincide con lo

manifestado por otros autores (Robelin, 1987; Shaw, 1988) quienes señalaron que el maíz posee una sensibilidad diferencial al estrés hídrico según en el momento del ciclo en que se encuentre, ocasionando las mayores pérdidas en el rendimiento cuando este se produce alrededor de la floración. Esto se debe a que alrededor de esta etapa queda determinado el NG que el cultivo va a fijar (Andrade *et al.*, 1996) y además existe una alta correlación entre el desarrollo inicial del grano y el aporte de asimilados a la espiga durante esta etapa (Kiniry y Ritchie, 1985; Schussler y Westgate, 1991). Por lo tanto, cuando mejores sean las condiciones ambientales o de crecimiento de las plantas en post floración, menor será el porcentaje de aborto y por ende, mayor el número final de granos por espiga (Andrade *et al.*, 1996).

Por lo tanto se desprende que el número final de granos logrados por unidad de superficie es función de la tasa de crecimiento alrededor de la floración (Andrade *et al.*, 1996), coincidiendo con los resultados obtenidos en este ensayo donde la menor TCC en la PFS entre V6 – R1 y R1 – R4 (Tabla N° 12) y el déficit hídrico generado por la falta de riego determinaron el menor NG fijados por espiga en la PFS (Tabla N° 14) con respecto a la siembra tardía. Sin embargo no es posible descartar la posibilidad de que la diferencia observada en el NG entre ambas fechas de siembra pueda deberse a otras causas como variaciones de la radiación incidente o temperatura por ejemplo.

CONCLUSIONES

La evaluación estadística de los resultados de este ensayo realizado a través del ANAVA determinó la inexistencia de efectos significativos de la fecha de siembra sobre la acumulación de materia seca y el rendimiento en grano para el cultivo de maíz.

Las posibles causas de estos resultados, opuestos a los enunciados por numerosos autores, pueden encontrarse en la ocurrencia de un déficit hídrico durante el período crítico del cultivo en la primera fecha de siembra, los cuales ocasionaron en este ensayo bajo riego que la acumulación de materia seca y los rendimientos fueran similares en ambas épocas de siembra.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, C. y E. MULIN. 2004. **El gran libro de la Siembra Directa**. Editorial Clarín, Buenos Aires, Argentina.
- ANDRADE, F. H. 1992. **Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz**. Boletín técnico 106. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- ANDRADE, F. H., A. G. CIRILO, S. A. UHART y M. OTEGUI. 1996. **Ecofisiología del cultivo de maíz**. Editorial La Barrosa. Dekalb Press. CERBAS-EEA INTA Balcarce, FCA-UNMP.
- ANDRADE, F. H., L. ECHARTE, R. RIZZALLI, A. DELLA MAGGIORA and M. CASANOVAS. 2002. **Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress**. *Crop Sci.* 42:1173-1179.
- ANDRADE, F. H., S. A. UHART y A. CIRILO. 1993. **Temperatura affects radiation use efficiency in maize**. *Field Crops Research*, 32:17-25.
- CANTARERO, M. G., S. F. LUQUE y O. J. RUBIOLLO. 2000. **Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina)**. *Agriscientia*, VOL XVII: 3-10.
- CANTERO, G. A., E. BRICCHI, V. H. BECERRA, J. M. CISNEROS y H. A. GIL. 1986. **Zonificación y descripción de las tierras del departamento Río Cuarto**. UNRC-FAV. 80 págs. 1 carta 1:2.500.000.
- CARBERRY, P. S., R. C. MUCHOW y R. L. McCOWN. 1989. **Testing the CERES-maize simulation model in a semi-arid tropical environment**. *Field Crops Research*, 20:297-315.
- CARCOVA, J. and M. E. OTEGUI. 2001. **Pollination asynchrony and kernel abortion in maize**. *Crop Science* 41: 1809-1815.
- CARCOVA, J., M. URIBELARREA, L. BORRAS, M. E. OTEGUI and M. E. WESTGATE. 2000. **Synchronous pollination within and between ears improves kernel set in maize**. *Crop Sci.* 40:1056-1061.
- CIRILO, A. G. 1994. **Desarrollo, crecimiento y partición de materia seca en cultivos de maíz sembrados en diferentes fechas**. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. Buenos Aires, Argentina. 86 págs.
- CIRILO, A. G. y F. H. ANDRADE. 1994. **Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning**. *Crop Science*, 34:1039-1043.

- CIRILO, A. G. y F. H. ANDRADE. 1996. **Sowing date and kernel weight in maize**. Crop Science, 36:325-331.
- CLAASEN, M. M. and R. H. SHAW. 1970. **Water deficits effects on corn. II. Grain components**. Agronomy Journal, 62: 652-655.
- FABRICIUS, R y V. ROTONDO. 1993. **Características climáticas del área frutihortícola de Río Cuarto**, en Diagnóstico y evolución del área frutihortícola de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Págs. 23-26.
- FISCHER, K. S. and F. E. PALMER. 1984. Tropical maize. En: P. R. Goldsworthy y N. M. Fischer (eds.). The physiology of tropical field crops. Wiley. Págs. 213-248.
- GALLAGHER, J. N. y P. V. BISCOE. 1978. **Radiation absorption, growth and yield of cereals**. Journal of Agricultural. Science, 91:47-60.
- GIFFORD, R. M., J. H. THORNE, W. D. HITZ and R. T. GIANQUINTA. 1984. **Crop productivity and photoassimilate partitioning**. Science, 225:801-808.
- HALL, A. J., J. H. LEMCOFF and N. TRAPANI. 1981. **Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants**. Maydica, 26: 19-38.
- INFOSTAT. 2004. **InfoStat**, versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- INTA. 1980. **El cultivo de maíz**. Editorial INTA. Buenos Aires. Argentina.
- INTA. 2005. Documentos – Cereales – Maíz. En: www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/cereales/maíz/sis/maíz.htm. Consultado 25/05/2005.
- JONES, C. A. and J. R. KINIRY. 1986. **CERES-Maize: A simulation model for maize growth and development**. College Station, Texas A&M Press.
- KINIRY, J. R. 1991. **Maize phasic development**. In Hanks, J. and J. T. Ritchie (eds) Modeling plant and soil systems. ASA Agronomy Monographs n°31, Madison, WI, USA.
- KINIRY, J. R., C. A. JONES, J. C. O'TOOLE, R. BLANCHER, M. CABELGUENNE and D. A. SPANEL. 1989. **Radiation use efficiency in biomass accumulation prior to grain filling for five grain-crop species**. Field Crops Research, 20:51-64.
- KINIRY, J. R. and J. T. RITCHIE. 1985. **Shade – sensitive interval of kernel number of maize**. Agronomy Journal, 77:711-715.
- MUCHOW, R. C., T. R. SINCLAIR and J. M. BENNETT. 1990. **Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations**. Agronomy Journal, 82: 338-343.

- OGOSHI, R. M., B. G. CAGAUAN and G. Y. TSUJI. 1999. **Field and laboratory methods for the collection of the minimum data set.** *En* G. Hoogenboom et al., (eds.) DSSAT version 3, Volume 4-8, University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- OTEGUI, M. E. and F. H. ANDRADE. 2000. **New relationships between light interception, ear growth and kernel set in maize (Chapter 6).** *En:* M.E. Westgate, and K. Boote (eds), Physiology and Modeling of Kernel Set in Maize, Crop Sci. Soc. of America y Amer. Soc. of Agronomy Special Publication N° 29. Baltimore, Maryland, EEUU, 2000. pp 89-102.
- OTEGUI, M. E. and R. BONHOMME. 1998. **Grain yield components in maize.** Ear growth and kernel set. *Field crops Res.* 56:247-256.
- OTEGUI, M. E., G. A. MADDONNI y J. CARCOVA. 2002. **Desarrollo, crecimiento y generación del rendimiento en el cultivo de maíz.** *Maíz – Cuaderno de actualización técnico N° 65, CREA, año XXXI, abril 2002, capítulo 1.*
- PUIATTI, J. M. P., A. R. RIVETTI y J. H. SCHMALZ. 2006. **Riego complementario en maíz (Zea mays L.) en la región de Río Cuarto empleando el pronóstico climático extendido de 72 hs.** III Jornadas de actualización en riego y fertirriego. 10 y 11 de Agosto de 2006 – Mendoza, Argentina.
- RITCHIE, J. T., U. SINGH, D. C. GODWIN and W. T. BOWEN. 1998. Cereal growth, development and yield.p.79-98. *In* G.Y. Tsuji et al., (eds.) Understanding options for agricultural production, Systems approaches for sustainable agricultural development Volume 7, Kluwer Academic Publishers, Great Britain.
- RITCHIE, S. W. and J. J. HANWAY. 1997. **How a corn plant develops.** Special Report N° 48, Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
- ROBELIN, M. 1987. **Desequilibrio hídrico, metabolismo, crecimiento y desarrollo.** Le maïs et l'eau. *En:* AGPM-ITCF (eds.). Colloque, Alimentation Hydrique du Maïs, Tome 1. Agen, 8-9 Decembre, France.
- SAGPyA 2005. Indicadores del sector maicero. *En:* www.sagpya.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/granos/maíz.php. Consultado 16-06-2005.
- SAGPyA 2006. Estimaciones agrícolas – Cereales – Maíz. *En:* www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/estimaciones/maíz/maíz.php. Consultado: 15/12/2006.
- SAGPyA 2007. Estimaciones agrícolas – Cereales – Maíz. *En:* www.sagpya.mecon.gov.ar/estimacionesagricolas.php. Consultado: 25/10/2007.
- SAGyA 2007. Información estadística y técnica. Campaña 2005/06. Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba. *En:* www.cba.gov.ar/vercanal.jsp?idcanal=4350. Consultado 25/10/2007.

- SARLANGUE, H. 2002. **La importancia del maíz en la rotación de los cultivos.** Revista Visión Rural, año X, Nro. 46.
- SATORRE, E. H., R. L. BENECH ARNOLD, G. A. SLAFER, E. B. DE LA FUENTE, D. J. MIRALLES, M. E. OTEGUI y R. SAVIN. 2003. **Producción de granos: bases funcionales para su manejo.** Primera edición. Editorial Facultad de Agronomía de Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- SCHUSLER, J. R. and M. E. WESTGATE. 1991. **Maize kernel set at low water potential: I. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth.** Crop Science, 31: 1189-1195.
- 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.
- SOBRADO, M. A. 1990. **Drought responses of tropical corn. 1. Leaf area and yield components in the field.** Maydica, 35:221-226.
- SHAW, R. H. 1988. Climate requirement. En: G.F. Sprague y J. W. Dudley (eds.). Corn and Corn Improvement (3° ed.). Series Agronomy N° 18, págs. 609-638. American Society of Agronomy Inc. Publishers. Madison. Wisconsin, USA.
- TELLERIA, G. 2002. **El papel del maíz en los planteos de producción del Sur de Córdoba.** Guía Dekalb del cultivo del maíz. Monsanto Argentina S.A. Primera edición. Buenos Aires. Argentina. Págs. 247-251.
- TOLLENAAR, M. 1977. **Sink – source relations hips during reproductive development in maize.** A review. Maydica, 22:49-75.
- TOLLENAAR, M., L. M. DWYER and D. W. STEWART. 1992. **Ear and kernel formation in maize híbrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario.** Crop Science, 32:432-438.
- URIBELARREA, M., J. CÁRCOVA, M. E. OTEGUI and M. E. WESTGATE. 2002. **Pollen production, pollination dynamics and kernel set in maize.** Crop Sci. 42:1910-1919.
- USDA. 2007. United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service (FAS). En: www.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx. Consultado: 22/08/2007.
- WESTGATE, M. E. and J. S. BOYER. 1986. **Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize.** Crop Science, 26:951-956.