



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

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**RESPUESTA AL RIEGO EN EL CULTIVO DE MAÍZ, FRENTE A DOS
FECHAS DE SIEMBRA**

Alumno: Peppino, Martin Damián
DNI: 35.045.255

Director: Ing. Agr. Dr. Gabriel Espósito
Co-director: Ing. Agr. Cecilia Cerliani

Río Cuarto, Córdoba.
Diciembre - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**RESPUESTA AL RIEGO EN EL CULTIVO DE MAÍZ, FRENTE A DOS
FECHAS DE SIEMBRA**

Alumno: Peppino, Martin Damián
DNI: 35.045.255

Director: Ing. Agr. Dr. Gabriel Esposito
Co-Directora: Ing. Agr. MsC. Cecilia Cerliani

Aprobado y corregido de acuerdo a las sugerencias del Jurando Evaluador

Ing. Agr. Morla Federico _____

Ing. Agr. Cerioni Guillermo _____

Ing. Agr. Esposito Gabriel _____

Fecha de presentación ____/____/____.

Aprobado por Secretaria Académica ____/____/____.

Secretaria Académica

AGRADECIMIENTOS

En este apartado quiero hacer llegar mi agradecimiento a mi familia por el apoyo durante los años de cursado de la carrera, a mis amigos y compañeros, y todo aquel que me brindó su apoyo durante los años de cursada.

Agradecer a la Universidad Nacional de Río Cuarto por contribuir a mi formación académica, como así también a los profesores de la carrera Ingeniería Agronómica por la predisposición para la enseñanza.

También quiero hacer llegar mi agradecimiento a la cátedra de cereales de la Universidad Nacional de Río Cuarto, entre ellos Gabriel Espósito, Cecilia Cerliani, Rafael Naville y Carlos Hernández, por permitirme llevar a cabo este trabajo de investigación y por la ayuda durante la realización del mismo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
Palabras Claves: Maíz Temprano, Maíz Tardío, Rendimiento Potencial, <i>Zea mays</i>	1
ABSTRACT.....	2
Key word: Early planting maize, late planting maize, potential yield, <i>Zea mays</i>	2
I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.....	3
II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	6
III. MATERIALES Y MÉTODOS	7
III.1. Descripción general del ensayo experimental	7
III.2. Descripción de las mediciones y determinaciones realizadas:	7
III.2.1. Datos Climáticos	7
III.2.2. Selección de plantas	8
III.2.3. Biomasa aérea	8
III.2.4. Eficiencia de intercepción de la radiación solar.....	8
III.2.5. Eficiencia de uso de la radiación solar	9
III.2.6. Rendimiento	9
III.3. Análisis estadístico de los datos	9
IV. Resultados y Discusion	10
IV.1. Variable Meteorológicas	10
IV.1.1. Precipitaciones	10
IV.1.2. Radiación solar.....	12
IV.1.3. Temperatura	14
IV.2. Biomasa acumulada y TCC en el periodo crítico.....	16
IV.3. Eficiencia en el Uso de la Radiación Solar	17
IV.4. Rendimiento y Componentes	20
V. CONCLUSIONES	22
VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	23
VII. ANEXOS	26
VII.1. Salida Infostat	26
VII.2. Imágenes en V13 y R3, y salida programa SisCob.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precipitaciones entre etapas fenológicas y precipitaciones acumuladas en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017). Fecha de Siembra Temprana.	111
Tabla 2. Precipitaciones entre etapas fenológicas y precipitaciones acumuladas en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017). Fecha de Siembra Tardía.	111
Tabla 3. Radiación Solar Incidente en las etapas fenológicas y Radiación Solar Acumulada en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017) para la fecha de Siembra Temprana.	13
Tabla 4. Radiación Solar Incidente en las etapas fenológicas y Radiación Solar Acumulada en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017) para la fecha de Siembra Tardía.	13
Tabla 5. Temperaturas máximas y mínimas medias del aire entre siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico de temperaturas máximas y mínimas medias entre Siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha para la serie 1974/2016 para la ciudad de Rio Cuarto. Fecha de siembra Temprana.	155
Tabla 6. Temperaturas máximas y mínimas medias del aire entre siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico de temperaturas máximas y mínimas medias entre Siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha para la serie 1974/2016 para la ciudad de Rio Cuarto. Fecha de siembra Tardía.	155
Tabla 7. Biomasa acumulada (g MS m^{-2}) y tasa de crecimiento del cultivo ($\text{g Ms m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) en el periodo crítico.	166
Tabla 8. Porcentaje de interceptación de la radiación solar, Radiación interceptada (Mj m^{-2}), Biomasa acumulada del cultivo en el periodo crítico (g MS m^{-2}) y Eficiencia en el uso de la Radiación solar (g MS MJ^{-1}).	177
Tabla 9. Rendimiento ($\text{kilogramos ha}^{-1}$), Numero de granos (granos m^2) y Peso de 1000 granos (g).	200

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Precipitaciones medias en la ciudad de Rio Cuarto durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico 1974/2017. Las flechas indican el inicio y fin del periodo crítico (Fecha de siembra temprana Flecha Verde; Fecha de siembra tardía Flecha Gris)..... 10
- Figura 2.** Radiación solar incidente durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico 1974/2014 para la ciudad de Rio Cuarto. Las flechas indican el inicio y fin del periodo crítico (Fecha de siembra temprana Flecha Verde; Fecha de siembra tardía Flecha Gris)..... 12
- Figura 3.** Temperaturas máximas y mínimas medias del aire durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico de temperaturas máximas y mínimas medias 1974/2016 para la ciudad de Rio Cuarto. Las flechas indican el inicio y fin del periodo crítico (Fecha de siembra temprana Flecha Verde; Fecha de siembra tardía Flecha Gris 14
- Figura 4.** Porcentaje de intercepción de la radiación durante el periodo crítico en distintas condiciones hídricas y fechas de siembra..... 18
- Figura 5.** Radiación Interceptada (Mj/m^2) en distintas condiciones hídricas y fechas de siembra. 19
- Figura 6.** Peso de 1000 granos (g), en función del número de granos por metro cuadrado. 21

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales más cultivados en el mundo, con un creciente aumento de la superficie sembrada en los últimos años tanto a nivel mundial como nacional. En la provincia de Córdoba en los últimos años la superficie sembrada con maíz se ha incrementado como así también su producción, además y en esta región la siembra de maíces en fechas tardías (diciembre) han aumentado significativamente, debido a que estas presentan mayor estabilidad en su rendimiento. Sin embargo, debido a la reciente implementación de estas fechas de siembra, se dispone poca información acerca de su comportamiento ecofisiológico. Con el objetivo de determinar la respuesta del maíz al riego en fechas de siembras tempranas y tardías, se llevó a cabo un ensayo en el campo experimental de la UNRC durante la campaña 2015/2016, el cual consistió en sembrar un híbrido de maíz en dos fechas de siembras (Temprana y Tardía) bajo dos condiciones hídricas (Riego y Secano). Durante el periodo crítico para la determinación del rendimiento (V_{13-R_3}) se determinó la producción de biomasa aérea por superficie, la eficiencia de intercepción de la radiación solar, la eficiencia en el uso de la radiación solar y el rendimiento. Los resultados encontrados mostraron que la producción de biomasa y el rendimiento no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Por el contrario, fueron encontradas diferencias estadísticas entre tratamientos cuando se evaluó el porcentaje de intercepción y la eficiencia en el uso de la radiación solar. Los resultados encontrados permiten concluir que el riego no incrementó la producción de biomasa y granos de maíz tanto en fechas de siembra tempranas como tardías, posiblemente explicado por el hecho de que las precipitaciones excedieron la media regional, por lo que sería útil repetir el ensayo en los años siguientes para evaluar distintas condiciones ambientales.

Palabras Claves: Maíz Temprano, Maíz Tardío, Rendimiento Potencial, *Zea mays*

ABSTRACT

Corn is one of the most cultivated cereals in the world, with a growing increase in the area planted in recent years both globally and nationally. In the province of Córdoba in recent years the area planted with corn has increased as well as its production, in addition and in this region the planting of maize in late dates (December) have increased significantly, because they present greater stability in your performance. However, due to the recent implementation of these planting dates, little information is available about their ecophysiological behavior. In order to determine the response of the maize to the irrigation in dates of early and late sowings, an essay was carried out in the experimental field of the National University of Río Cuarto during the 2015/2016 campaign, which consisted in sowing a hybrid of corn in two sowing dates (Early and Late) under two water conditions (Irrigation and Secano). During the critical period for the determination of yield (V13-R3) the production of aerial biomass by surface, the efficiency of interception of solar radiation, the efficiency in the use of solar radiation and the yield was determined. The results showed that biomass production and yield did not show statistically significant differences between treatments. On the contrary, significant statistical differences between treatments were detected when the percentage of interception was evaluated and the efficiency in the use of solar radiation. The results found allow us to conclude that the irrigation did not increase the production of biomass and corn grains in early as well as late sowing dates, possibly explained by the fact that the precipitations exceeded the regional average, so it would be useful to repeat the trial in the following years to evaluate different environmental conditions.

Key word: Early planting maize, late planting maize, potential yield, *Zea mays*

I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.

El maíz es el cereal de mayor importancia a nivel mundial en cuanto a su producción, de acuerdo con datos recientes de la FAO (2018), la producción mundial de cereales se aproximaría a los 2646 M de t, incrementando 33 M de t (un 1,3%) la producción alcanzada en 2017, debido a mejores expectativas sobre la producción de maíz. Sin embargo, las estimaciones de producción para América del Sur, al compararlas con los niveles récord de 2017, disminuirían debido a los problemas climáticos en Argentina y al aumento del cultivo de soja en detrimento del cultivo de maíz en Brasil.

La superficie sembrada en los últimos años con maíz en la provincia de Córdoba, varió de 1.038.180 ha en la campaña 2005/06 a 1.879.800 ha en la campaña 2014/15, con una producción promedio de 6.131 y de 7502 kg ha⁻¹, respectivamente (SIIA, 2015).

De acuerdo a la Bolsa de Cereales de Córdoba (2018) la superficie sembrada con maíz en la provincia estuvo alrededor de 2.359.400 has, un 4% superior a la campaña anterior, pero a causa de las nulas precipitaciones durante el mes de febrero la producción de maíz se calcula en 12,4 M de t, un 22% inferior a la campaña 16/17. Esta baja en la producción es causada por la caída del rinde esperado por superficie, en donde el promedio provincial estaría estimado en 62 qq ha⁻¹, un 23 % menor a la campaña 16/17 y el más bajo de las últimas 6 campañas en Córdoba. Por lo que es de suma importancia resaltar la inestabilidad de las precipitaciones en la provincia, haciendo necesario incorporar riego a los sistemas productivos.

La producción del maíz es el resultado de su crecimiento y desarrollo, estando ambos procesos afectados por las condiciones ambientales a las que este expuesto el cultivo. Mientras el desarrollo es afectado principalmente por la temperatura y el fotoperiodo; el crecimiento dependerá de la radiación solar, el agua y los nutrientes que disponga el cultivo (Andrade *et al.*, 1996). Por lo tanto, las condiciones ambientales de una región en conjunto con todas aquellas prácticas de manejo, que generen cambios en estos factores, conllevarán cambios en el crecimiento y desarrollo que permitirán un determinado rendimiento.

La región sur de Córdoba se caracteriza por presentar un clima templado sub húmedo, con precipitaciones cercanas a los 800 mm anuales que suelen exceder la evapotranspiración durante la primavera y otoño, pero que son inferiores durante el verano e invierno, concentrándose cerca del 60% de las mismas durante los 6 meses más cálidos del año (primavera-verano). El régimen térmico es templado-mesotermal con temperaturas medias anuales de 16,5° C, con una temperatura media de 23 °C en el mes de enero y una temperatura media de 9,1 °C en el mes de julio. La fecha media de primera helada es el 25 de mayo y la fecha media de última helada es el 12 de septiembre, siendo el periodo libre de heladas de 255 días en promedio (Seiler *et al.*, 1995).

La radiación solar incidente, los nutrientes y la disponibilidad hídrica influyen sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos, a través de la fotosíntesis, proceso encargado de la fijación del dióxido de carbono

del aire. Para el Hemisferio Sur el máximo valor de radiación se registra el 21 de diciembre y el mínimo el 21 de junio, que coincide con la latitud 40° sur, además es influenciada negativamente por una alta nubosidad lo que se traduce en una menor radiación solar incidente diaria (Martínez Álvarez, 2015).

La radiación solar incidente diaria varía con la latitud y época del año, pudiendo ser modificada por prácticas de manejo como la elección de la fecha de siembra y la elección del genotipo (Cárcova *et al*, 2003).

El desarrollo fenológico del cultivo de maíz tiene una respuesta universal a la temperatura, esto quiere decir, que todas las etapas del cultivo son sensibles a este factor ambiental (Martínez Álvarez, 2015).

De acuerdo a Miralles *et al*. (2003), la temperatura afecta la tasa de desarrollo del cultivo de maíz, es decir, la velocidad con la que transcurren eventos de desarrollo por unidad de tiempo calendario, por lo que, si se expone el maíz a mayores temperaturas, la tasa de desarrollo será mayor y la duración en días se acortará.

Una de las principales limitaciones para la producción agrícola en la provincia de Córdoba es la deficiencia hídrica durante el ciclo de los cultivos, que no solo está determinada por la variabilidad de precipitaciones, sino que también por los bajos niveles de aprovechamiento de éstas, a causa de la degradación física del suelo y predominio del monocultivo de soja (Salinas *et al*, 2006).

Según Blarasin *et al*. (2014), los ambientes hidrogeológicos más importantes de la provincia son; el sistema acuífero fracturado en las Sierras de Córdoba y el sistema acuífero sedimentario en la llanura, el agua contenida en estos sistemas tiene varios usos, entre los más importantes se pueden citar el uso doméstico, ganadero, industrial y para riego, siendo este último el que mayor agua subterránea consume. Análisis realizados por Barrionuevo *et al*, (2013) y Barrionuevo y Feler (2014) sobre los círculos de riego en la provincia durante el periodo 1994-2014, indicaron que las áreas regadas se incrementaron en forma sostenida, hasta alcanzar en el año 2014 una superficie aproximada de 103.393 ha.

De acuerdo a datos recientes, la superficie bajo riego con el sistema de pívot central en Córdoba alcanza las 157.796 ha, representando aproximadamente el 95% del total de la superficie regada de la provincia. En el departamento Río Cuarto se contabilizaron 176 círculos de riego dando como resultado 11.738 ha bajo el sistema de pívot central. La calidad del agua utilizada para riego presenta en general bajo riesgo de salinización y sodificación de los suelos en la región central de Córdoba (Pedraza, 2016).

Según Espósito *et al.*, (2015), los maíces sembrados temprano, sin limitaciones hídricas ni nutricionales poseen un mayor potencial de rendimiento, altas tasas de crecimiento del cultivo debido a que durante la etapa vegetativa la demanda del ambiente es menor, las temperaturas son moderadas y el periodo crítico ocurre con la mayor oferta de radiación solar. Esto se traduce en un mayor número de granos fijados por superficie, como así también un mayor peso de los granos que las siembras tardías, debido a una mayor oferta de radiación durante el periodo de llenado de granos. El riesgo que trae aparejada esta fecha de siembra en la región de Río Cuarto es que el periodo crítico para la definición de rendimiento del cultivo ocurra en enero, mes en el que la demanda atmosférica de agua es alta y pueden ocurrir episodios de estrés hídrico.

Por otra parte, Valdez *et al.* (2014), postula que la principal ventaja de realizar siembras tardías es que se aumentan los rendimientos mínimos, otorgándole más estabilidad al productor, ya que se evita el estrés hídrico sobre el cultivo de maíz, desplazando el periodo crítico para la definición del rendimiento a meses de menor demanda atmosférica. En este sentido y de acuerdo con la Bolsa de Cereales de Córdoba durante la campaña agrícola 2014/2015 hubo un 30 % de maíz que se sembró temprano y un 70 % tardío, tendencia que se ha sostenido entre las últimas campañas posiblemente como consecuencia del mayor estrés hídrico en siembras tempranas (Bolsa de cereales de Córdoba, 2015).

Para la zona de Río Cuarto (Espósito *et al.*, 2012), determinaron que el rendimiento potencial del cultivo de maíz está en función de la genética y del manejo agronómico que se emplee, logrando para esta zona rendimientos potenciales cercanos a las 20 t ha⁻¹. En lo que respecta a la genética, los caracteres más buscados son aquellos que le confieran tolerancia a altas densidades, plasticidad foliar, alta partición a grano (alto índice de cosecha), baja inserción de espiga, carácter stay-green, alto peso de los 1000 granos, tolerancia a enfermedades (Mal de Río Cuarto, Roya, Tizón, Carbón, Podredumbres, entre otras), buen vigor inicial y longitudes de ciclo intermedio-largo. En cuanto al manejo agronómico, estos autores indicaron que se logran los mayores rendimientos cuando; la fecha de siembra se realiza entre fines de septiembre y principios de octubre, con un correcto programa de riego, se emplea una elevada densidad de siembra y se utiliza una distancia entre hileras de 35 cm. Además, es imprescindible realizar un correcto control de malezas, plagas y/o enfermedades, como así también una adecuada agenda de fertilización.

La elección de la fecha de siembra es una medida de manejo muy importante si se busca alcanzar altos rendimientos, siendo para la zona de Río Cuarto los primeros días de octubre una fecha de siembra en donde se logran los mayores rendimientos, alrededor de 21,66 t ha⁻¹, mientras que al atrasar la misma los rendimientos potenciales disminuyen, siendo estos de 16,46 t ha⁻¹ para una siembra realizada en diciembre (Espósito *et al.*, 2015).

Para alcanzar estos niveles de rendimiento es necesario eliminar los factores limitantes, como por ejemplo la condición hídrica. Al eliminar la restricción hídrica, se debería ubicar el periodo crítico para la definición del rendimiento (15 días antes y 15 días después de R1) en el momento de máxima radiación solar, temperaturas medias bajas y una alta amplitud térmica. Siendo la radiación solar y la temperatura las condiciones ambientales que definirán la producción (Espósito *et al.*, 2012).

Espósito (2015), ha indicado que los maíces tardíos presentan una menor respuesta al riego que los tempranos, lo cual podría estar determinado por la menor condición de estrés hídrico durante la determinación del número de granos, etapa del cultivo que se lleva a cabo durante el mes de febrero en los maíces tardíos. Sin embargo, esta temática no ha sido estudiada por lo que resulta conveniente comparar, bajo las condiciones ambientales de Río Cuarto, la respuesta al riego de maíces sembrados temprana y tardíamente.

II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

II. 1. HIPÓTESIS

- En el cultivo de maíz, siembras tardías tienen menor respuesta en producción al riego que siembras tempranas.

2. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la respuesta en producción al riego en fechas de siembras tempranas y tardías en el cultivo de maíz.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer diferencias en la eficiencia de intercepción y la eficiencia de conversión de la radiación solar del cultivo de maíz bajo riego y en secano en siembras tempranas y tardías.
- Determinar el rendimiento y sus componentes directos en el cultivo de maíz sembrando en fechas temprana y tardía en condiciones de secano y bajo riego.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Descripción general del ensayo experimental

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Nacional de Río Cuarto ubicado en cercanías de la localidad homónima (33°06'35"S 64°18'07"O).

En este sitio se evaluó, durante la campaña 2015/2016, la respuesta al riego del cultivo de maíz sembrado en dos fechas, la primera fue el 12 de noviembre, (denominada fecha de siembra temprana) y la otra el 21 de diciembre (fecha de siembra tardía), cabe aclarar que la primer fecha (12/11) no pudo realizarse antes por cuestiones operativas y de humedad del perfil y que si bien se denominó fecha de siembra temprana es una fecha retrasada respecto a la que sería la óptima para la región.

El híbrido utilizado fue el DK 7210 VT3P y se utilizó una sembradora neumática Agrometal, que posee 5 cuerpos de siembra distanciados cada uno a 52,5 cm, con una densidad de 80000 p ha⁻¹.

En cuanto a la fertilización del cultivo, la misma se realizó en dos momentos; una aplicación durante la siembra con 80 kg ha⁻¹ de MESZ (10:18:0:10S:1Zn), y otra en el estado de 6 hojas (V6) con 700 l ha⁻¹ de UAN (273 kg ha⁻¹ de N), para evitar deficiencias nutricionales.

Para los tratamientos bajo riego, se utilizó un sistema de riego por goteo, manteniendo el suelo por encima del 60% de su capacidad de agua útil durante todo el ciclo del cultivo.

El cultivo se mantuvo libre de malezas, plagas y/o enfermedades, para ello se utilizó, cuando fue necesario, un pulverizador de tres puntos y productos Banda Verde, es decir, clase toxicológica número IV, que son los que habilita la presente ley fitosanitaria N° 9164, para dicho lugar en particular.

El diseño experimental utilizado fue un diseño factorial con arreglo espacial en parcelas divididas, siendo el factor principal la condición hídrica (Riego y Secano), y el factor secundario fue la fecha de siembra (Temprana y Tardía). Cada unidad experimental consistió en 5 surcos espaciados a 0,525 m con una longitud de 20 m. Se realizaron 2 repeticiones espaciadas por tratamiento.

III.2. Descripción de las mediciones y determinaciones realizadas:

III.2.1. Datos Climáticos

Los registros diarios de las variables meteorológicas se obtuvieron de la estación meteorológica, situada en las proximidades de los ensayos.

Se consideraron los datos diarios de:

- Precipitaciones (mm).
- Temperatura del aire, máxima, mínima y media en abrigo meteorológico (°C).
- Radiación solar (Mj)

III.2.2. Selección de plantas

Con el objetivo de estimar la biomasa aérea del cultivo de maíz mediante el uso de modelos alométricos (que se basan en mediciones morfométricas no destructivas), cuando el cultivo se encontraba en el estadio fenológico V_{10} (Ritchie y Hanway, 1982) se seleccionaron 20 plantas del surco central de cada unidad experimental y se las identificó con un número para facilitar las mediciones.

III.2.3. Biomasa aérea

Como primera medida se procedió a calibrar los modelos alométricos, es decir, relacionar mediante gráficos la biomasa aérea, de un menor número de plantas que las seleccionadas anteriormente, con variables morfométricas no destructivas. En cada parcela se seleccionaron 3 plantas en estadios fenológicos V_{13} y R_3 , las cuales fueron cortadas al nivel del suelo, y se las llevó a estufa con circulación de aire forzado a 65°C hasta peso constante, para luego ser pasadas en balanza de precisión. Las mediciones morfométricas incluyeron diámetro de la base del tallo (valores mínimo y máximo), altura de la planta desde el nivel del suelo hasta la lígula de la última hoja expandida, y máximo diámetro de la espiga (apical y subapical).

Las relaciones que se establecieron fueron (i) el volumen del tallo y la biomasa aérea de la planta (la espiga excluida en R_3), y (ii) el diámetro máximo de la espiga y la biomasa de la espiga. El volumen del tallo fue obtenido de una función cilíndrica, utilizando para su cómputo el diámetro promedio del tallo y la altura de la planta.

Una vez calibrados los modelos alométricos se tomaron las mismas mediciones morfométricas en las 20 plantas seleccionadas en cada parcela y se utilizaron como variables de entrada de dichos modelos, de modo tal de estimar correctamente la biomasa aérea de las plantas en estudio.

Estas determinaciones de biomasa permitieron establecer la tasa de crecimiento de la planta (TCP) entre V_{13} y R_3 la cual está íntimamente asociada a la fijación del número de granos por superficie principal componente directo del rendimiento del maíz (Andrade *et al.*, 1996).

III.2.4. Eficiencia de intercepción de la radiación solar

La eficiencia de intercepción se calculó como el porcentaje de cobertura obtenido mediante fotografía digital y posterior procesamiento con el software SisCob.

Con la e_i media entre V_{13} y R_3 se procedió a establecer la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA_{int}) a partir de la radiación total incidente (MJ/m^2), registrada por la estación meteorológica

de la FAV-UNRC, la cual fue afectada por el coeficiente 0,48 para transformarla en radiación fotosintéticamente activa.

III.2.5. Eficiencia de uso de la radiación solar

Con los datos de Biomasa acumulada en el periodo crítico y la radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFA_{int}) entre V_{13} y R_3 se estimó la eficiencia de uso de la radiación solar según la Ecuación II:

$$EUR = \frac{Biomasa}{RFA_{int}} \quad \text{Ecuación II}$$

Dónde: EUR: Eficiencia de uso de la radiación ($g \text{ MS } Mj^{-1}$). Biomasa: Biomasa acumulada del cultivo de maíz entre V_{13} y R_3 . RFA_{int} : Radiación fotosintéticamente activa interceptada.

III.2.6. Rendimiento

Para la determinación del rendimiento se procedió a la cosecha manual de tres muestras de 5 m lineales. Todas las plantas fueron cosechadas del surco central de cada parcela. A las mismas se les quitó las espigas las cuales fueron llevadas a una desgranadora mecánica para la obtención de los granos, y finalmente se pesaron los mismos mediante una balanza de precisión y posterior determinación de la humedad. Los datos fueron referidos al rendimiento en $kg \text{ ha}^{-1}$ y humedad de comercialización (14%).

III.3. Análisis estadístico de los datos

El análisis de los datos se realizó mediante ANAVA y test de separación de medias LSD (Fisher) al 5% de probabilidad, para ello utilizo el software INFOSTAT (Di Renzo *et al.*, 2012).

IV.RESULTADOS Y DISCUSION

IV.1. Variable Meteorológicas

A continuación, se hará una breve descripción de las condiciones climáticas durante la campaña 2015/16 en la localidad de Rio Cuarto, además se confrontarán dichas condiciones con el promedio histórico desde el año 1974 hasta la actualidad. Resulta importante describir las fechas del inicio y fin de periodo crítico para ambas fechas de siembra debido a que durante esta etapa se define el número de granos por superficie, componente directo del rendimiento. Para la fecha de siembra temprana el inicio de periodo crítico (V_{13}) fue el 8 de enero y el final (R_3) el 10 de febrero, para la fecha de siembra tardía V_{13} ocurrió el 10 de febrero y R_3 el 15 de marzo.

IV.1.1. Precipitaciones

En la Figura 1, presentan las precipitaciones decádicas durante la campaña 2015/16 y las precipitaciones normales para el periodo 1974-2017.

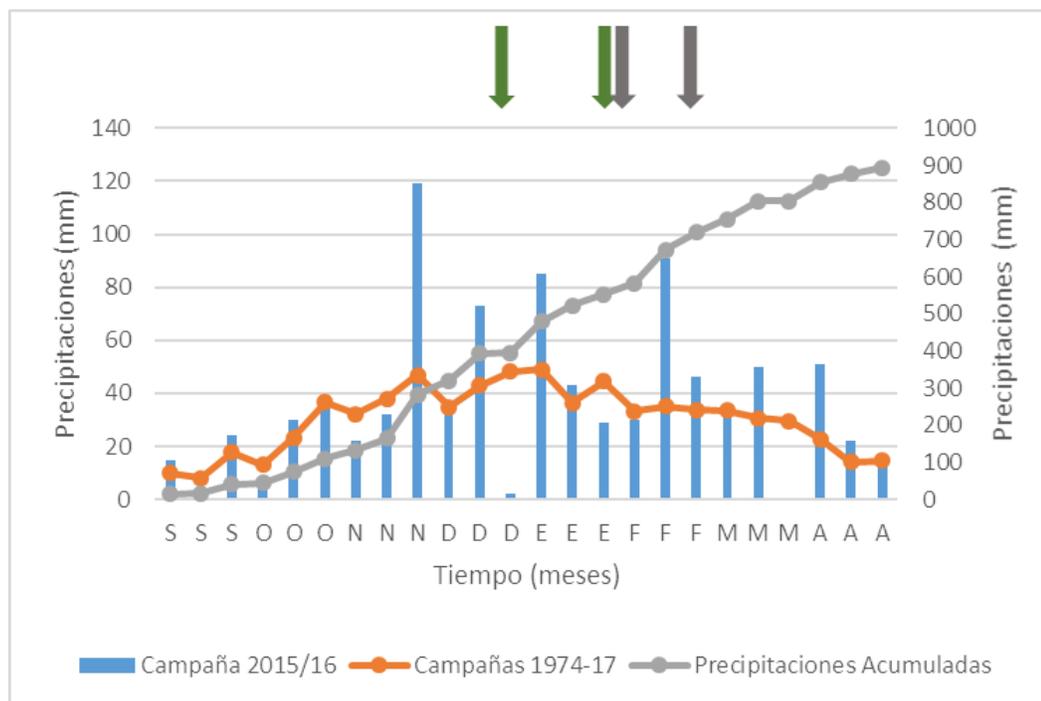


Figura 1. Precipitaciones medias en la ciudad de Rio Cuarto durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico 1974/2017. Las flechas indican el inicio y fin del periodo crítico (Fecha de siembra temprana Flecha Verde; Fecha de siembra tardía Flecha Gris).

Como puede observarse en la Figura 1, durante la campaña bajo estudio las precipitaciones fueron superiores a la normal, excepto en la tercer década de diciembre y la última década de marzo.

Para un mejor entendimiento se analizaron las precipitaciones para cada fecha de siembra dividiendo el ciclo del cultivo en tres etapas, donde la Etapa 1 abarcó desde la siembra a inicio de periodo crítico (V_{13}), la Etapa 2 desde inicio a fin de periodo crítico ($V_{13}-R_3$) y la Etapa 3 desde fin de periodo crítico (R_3) hasta la cosecha, de este modo se realizó un análisis más detallado del efecto de las mismas sobre el periodo de crecimiento del cultivo de maíz. Los valores de precipitación registrados en cada etapa y su comparación con la normal se presentan en la Tabla 1 (Fecha de siembra temprana) y Tabla 2 (Fecha de siembra tardía).

Tabla 1. Precipitaciones en las etapas fenológicas y precipitaciones acumuladas en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017) para la fecha de Siembra Temprana.

Estadios Fenológicos	Campaña 2015/2016	Promedio histórico(1974/2017)
Siembra- V_{13}	370 mm	292 mm
$V_{13} - R_3$	102 mm	114 mm
$R_3 -$ Cosecha	312 mm	214 mm
Precipitaciones Acumuladas	784 mm	620 mm

Tabla 2. Precipitaciones en las etapas fenológicas y precipitaciones acumuladas en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017) para la fecha de Siembra Tardía.

Estadios Fenológicos	Campaña 2015/2016	Promedio histórico(1974/2017)
Siembra- V_{13}	189 mm	211 mm
$V_{13} - R_3$	197 mm	117 mm
$R_3 -$ Cosecha	115 mm	96 mm
Precipitaciones Acumuladas	501 mm	424 mm

En cuanto a la fecha de siembra temprana se observa que las precipitaciones de la campaña 2015/16, desde la siembra a V_{13} excedieron en 78 milímetros de agua al promedio histórico, durante el periodo crítico fueron muy similares, y desde R_3 hasta la cosecha las precipitaciones excedieron en 98 milímetros al promedio histórico.

En cuanto a la fecha de siembra tardía, las precipitaciones de la campaña desde la siembra hasta V_{13} fueron 22 milímetros de agua inferiores al promedio histórico, durante el periodo crítico (V_{13} - R_3) se excedieron en 80 milímetros y desde R_3 hasta la cosecha también las precipitaciones excedieron en 19 milímetros al promedio histórico (Tabla 2).

En síntesis, la fecha de siembra temprana estuvo caracterizada por un exceso de precipitaciones en momentos de definición de área foliar y peso de los granos y una escasa diferencia de precipitación durante el periodo crítico, momento en que se define el número de granos por superficie. Por su parte, la fecha de siembra tardía presentó una menor ocurrencia de precipitaciones durante la definición del área foliar, un exceso durante el periodo crítico y un leve exceso durante la definición del peso de los granos.

IV.1.2. Radiación solar

En la Figura 2 se presenta la radiación solar incidente durante la campaña bajo estudio y la radiación solar normal para el periodo 1974-2014.

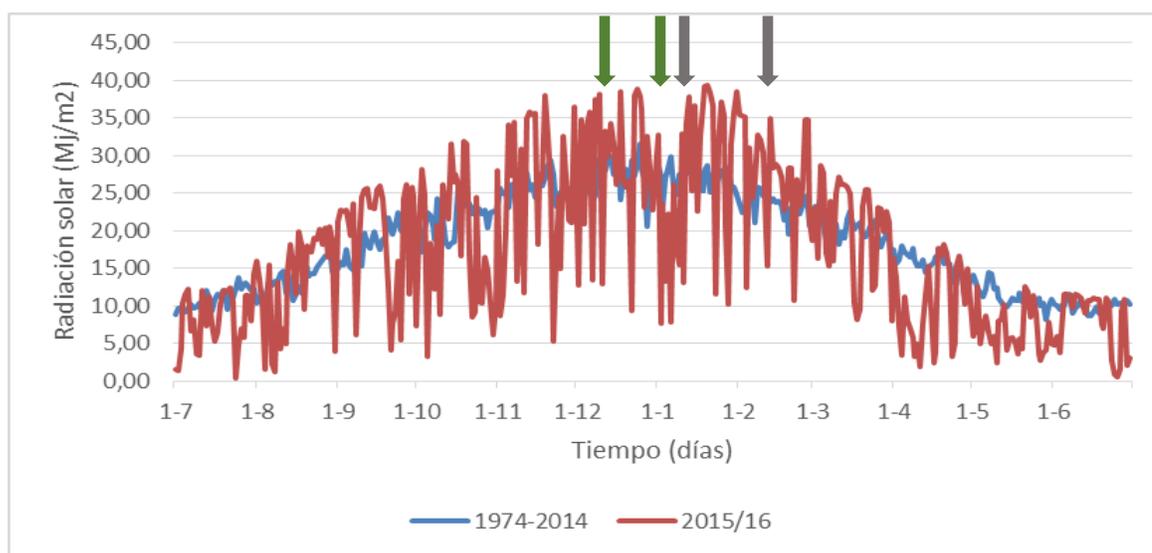


Figura 2. Radiación solar incidente durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico 1974/2014 para la ciudad de Rio Cuarto. Las flechas indican el inicio y fin del periodo crítico (Fecha de siembra temprana Flecha Verde; Fecha de siembra tardía Flecha Gris)

Al observar la Figura 2 y las Tablas 3 y 4, se puede ver que la oferta de radiación solar durante la campaña 2015/16 para la fecha de siembra temprana durante las etapas de definición de área foliar fue similar al promedio histórico, no así durante el inicio de la definición del número de granos por superficie durante el periodo crítico del cultivo de maíz y la etapa de definición del peso de los granos, en donde se puede ver que la oferta de radiación solar fue inferior al promedio histórico. Posiblemente debido a una elevada nubosidad causada por las precipitaciones superiores al promedio histórico como se ve en la Figura 1.

Para la fecha de siembra tardía, la oferta de radiación solar fue levemente superior al promedio histórico durante la definición del área foliar y número de granos por superficie, no así para la definición del peso de los granos en donde la oferta de radiación fue inferior al promedio histórico.

Tabla 3. Radiación Solar Incidente en las etapas fenológicas y Radiación Solar Acumulada en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017) para la fecha de Siembra Temprana.

Estadios Fenológicos	Campaña 2015/2016	Promedio histórico(1974/2017)
Siembra- V_{13}	1506,60 Mj	1500,18 Mj
$V_{13} - R_3$	867,96Mj	974,96 Mj
$R_3 - Cosecha$	1378,1 Mj	1476,57 Mj
Radiación Solar Acumulada	3752,66 Mj	3951,71 Mj

Tabla 4. Radiación Solar Incidente en las etapas fenológicas y Radiación Solar Acumulada en la campaña 2015/2016 y promedio histórico (1974/2017) para la fecha de Siembra Tardía.

Estadios Fenológicos	Campaña 2015/2016	Promedio histórico(1974/2017)
Siembra- V_{13}	1401,6 Mj	1328,34 Mj
$V_{13} - R_3$	810,6 Mj	728,66 Mj
$R_3 - Cosecha$	963,1 Mj	1293,80 Mj
Radiación Solar Acumulada	3175,3 Mj	3350,8 Mj

IV.1.3. Temperatura

En la Figura 3 se pueden observar los valores de temperatura máxima y mínima durante la campaña en estudio y los valores normales para el periodo 1974-2016. Mientras que en las Tablas 3 y 4, se presentan los valores de temperatura máxima y mínima en distintas etapas del cultivo.

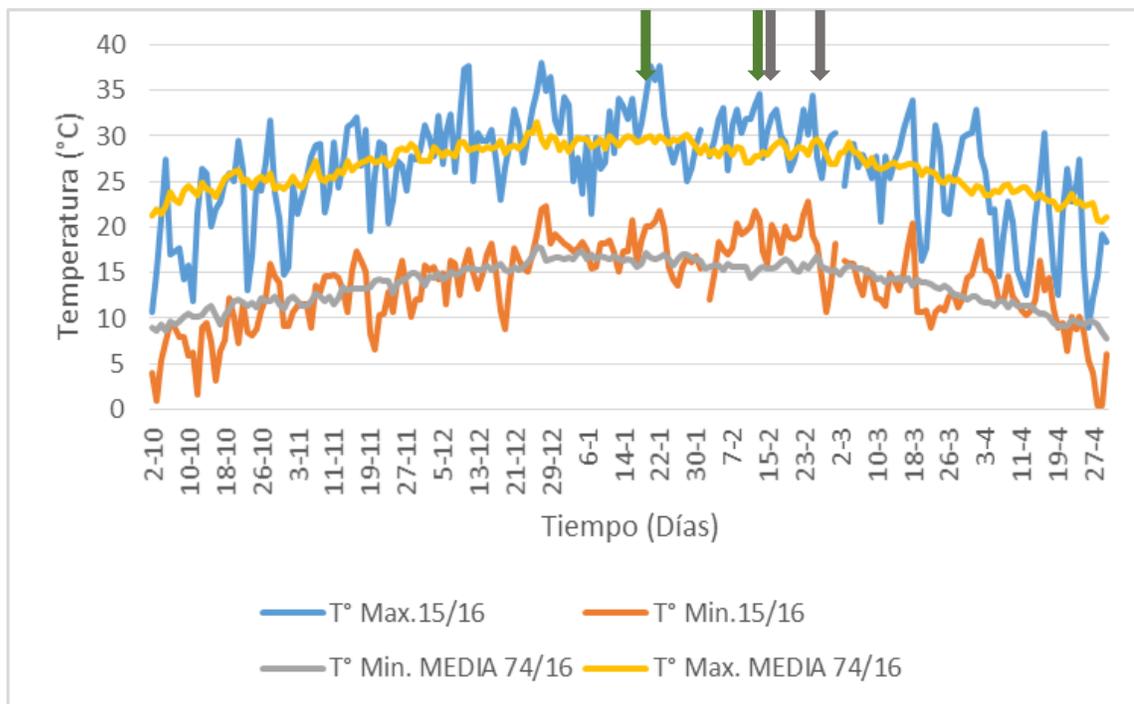


Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas medias del aire durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico de temperaturas máximas y mínimas medias 1974/2016 para la ciudad de Rio Cuarto. Las flechas indican el inicio y fin del periodo crítico (Fecha de siembra temprana Flecha Verde; Fecha de siembra tardía Flecha Gris)

Tabla 5. Temperaturas máximas y mínimas medias del aire entre siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico de temperaturas máximas y mínimas medias entre Siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha para la serie 1974/2016 para la ciudad de Rio Cuarto, en una Fecha de siembra Temprana.

Etapa	T° máx. 15/16	T° min 15/16	T° máx. 74/16	T° min 74/16
Siembra- V₁₃	29,1	15,03	28,4	15,1
V₁₃-R₃	30,8	17,5	29,1	16,2
R₃-Cosecha	25,5	14,1	25,9	13,3

Tabla 6. Temperaturas máximas y mínimas medias del aire entre siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha durante la campaña 2015/2016 y promedio histórico de temperaturas máximas y mínimas medias entre Siembra-V13, V13-R3 y R3-Cosecha para la serie 1974/2016 para la ciudad de Rio Cuarto, en una fecha de siembra Tardía.

Etapa	T° máx. 15/16	T° min 15/16	T° máx. 74/16	T° min 74/16
Siembra- V₁₃	30,8	17,6	29,2	16,3
V₁₃-R₃	28,9	16,7	27,9	15,3
R₃-Cosecha	22,4	11,4	24,06	11,5

Al analizar la temperatura máxima del aire de la fecha de siembra temprana de la campaña 2015/16, se observa que durante la etapa siembra-Inicio de periodo crítico las misma fue 0,7 °C superior al promedio histórico 1974/16, durante el periodo crítico (V13-R3) fue 1,7° C superior al promedio histórico, y durante la etapa R3-Cosecha la temperatura máxima del aire fue 0,4° C inferior al promedio histórico.

Al evaluar la temperatura mínima del aire para la fecha de siembra tardía durante la campaña 2015/16, la etapa Siembra-Inicio periodo crítico fue 0,07° C inferior, 1,3° C superior en el periodo crítico y 0,8° C superior para la etapa R3-Cosecha, con respecto al promedio histórico 1974/16.

En cuanto a la temperatura máxima del aire en la fecha de siembra tardía para la campaña 2015/16, la misma fue 1,6° C superior para la etapa siembra-Inicio de periodo crítico, 1° C superior durante el periodo crítico y 1,66° C inferior para la etapa R3-Cosecha, con respecto a la serie histórica.

También se puede ver que la temperatura mínima del aire en la fecha de siembra tardía para la campaña bajo estudio fue 1,3° C superior para la etapa siembra-Inicio de periodo crítico, 1,4° C superior en el periodo crítico y 0,1° C inferior para la etapa R3-Cosecha, con respecto a la serie histórica 1974/16.

En resumen, durante la campaña 2015/2016 no hubo altas ni bajas de temperaturas que perjudicaran al cultivo de maíz en ambas fechas de siembra.

IV.2. Biomasa acumulada y TCC en el periodo crítico

En la Tabla 7 se presenta la biomasa acumulada y la tasa de crecimiento del cultivo para las distintas fechas de siembra y condición hídrica.

Tabla 7. Biomasa acumulada (g MS m⁻²) entre V₁₃ y R₃, y tasa de crecimiento del cultivo (g Ms m⁻² día⁻¹) en el periodo crítico.

Tratamiento	Condición Hídrica	Biomasa (g MS m ⁻²)	TCC (g MS m ⁻² día ⁻¹)
Temprano	Riego	602,37 a	18,55 a
	Secano	624,81 a	18,92 a
Tardío	Riego	599,82 a	17,64 a
	Secano	617,87 a	18,17 a
FS :CH	-	NS	NS
CV	-	4,3	4,85
R² (%)	-	43	60

TCC: Tasa de crecimiento del cultivo. FS:CH: interacción fecha de siembra por condición hídrica. CV: coeficiente de variación. MS: materia seca. g: gramos. NS: Diferencia No Significativa, p-valor >0,01.

La biomasa acumulada no varió entre las fechas de siembra evaluada, así como tampoco entre las condiciones hídricas ni por efecto de la interacción de ambos factores. Esto podría deberse a que la campaña en la cual se llevó a cabo el estudio las precipitaciones fueron elevadas (Figura 1), por lo que el cultivo no sufrió estrés hídrico y por lo tanto no hubo respuesta a la aplicación de riego.

IV.3. Eficiencia en el Uso de la Radiación Solar

En la Tabla 8 se presenta el porcentaje de intercepción de la radiación solar, la radiación interceptada (Mj m^{-2}), la tasa de crecimiento del cultivo en el periodo crítico (g MS m^{-2}) y la eficiencia en el uso de la radiación solar (g MS MJ^{-1}), para cada fecha de siembra y condición hídrica.

Tabla 8. Porcentaje de intercepción de la radiación solar, radiación interceptada (Mj m^{-2}), biomasa acumulada del cultivo durante el periodo crítico (g MS m^{-2}) y eficiencia en el uso de la radiación solar (g MS MJ^{-1}).

Tratamiento	Condición Hídrica	Intercepción (%)	Radiación Interceptada (Mj m^{-2})	Biomasa (g MS m^{-2})	EUR (g MS MJ^{-1})
Temprano	Riego	72 b	346,64 b	602,37 a	1,74 a
	Secano	64 a	310,25 a	624,41 a	2,01 b
Tardío	Riego	83 c	338,72 b	599,82 a	1,77 a
	Secano	83 c	340,43 b	617,87 a	1,82 ab
FS : CH	-	S	S	NS	NS
CV	-	1,38	1,3	4,3	3,84
R ²	-	100	98	43	91

FS:CH: interacción fecha de siembra por condición hídrica. CV: coeficiente de variación. EUR: eficiencia en el uso de la radiación solar. MS: materia seca. MJ: mega joule. g: gramos. NS: Diferencia no significativa, p-valor $>0,01$. S: Diferencia Significativa, p-valor $<0,01$.

Como se observa en la Tabla 8, el porcentaje de intercepción fue afectada por la interacción entre fecha de siembra y la condición hídrica, dicha interacción se presenta en la Figura 4. En la cual se observa que la fecha de siembra temprana interceptó una menor cantidad de radiación solar que la fecha tardía, en el caso de la primera, al comparar la condición hídrica se puede ver que el tratamiento bajo riego interceptó un mayor porcentaje de radiación solar que el tratamiento en secano, posiblemente y de acuerdo a lo postulado por Andrade *et al.* (1996) esta diferencia es causada por un mayor crecimiento de las plantas lo que determina una estructura capaz de interceptar mayor cantidad de radiación solar.

En cuanto a la fecha de siembra tardía el porcentaje de intercepción de la radiación solar fue superior a la fecha temprana debido a mejores condiciones de precipitaciones, radiación solar y temperatura. Sin embargo, al comparar la condición hídrica no hay diferencia en el porcentaje de intercepción entre los tratamientos de riego y secano, debido posiblemente al exceso de precipitaciones, lo que causó un crecimiento de la planta muy similar para ambas situaciones, no reflejando el beneficio de la aplicación de riego suplementario en los cultivos.

Cabe aclarar que para ambas fechas de siembra no se alcanzó el 95 % de intercepción de la radiación solar, necesaria para alcanzar el IAF crítico en este periodo comprendido entre V_{13} y R_3 .

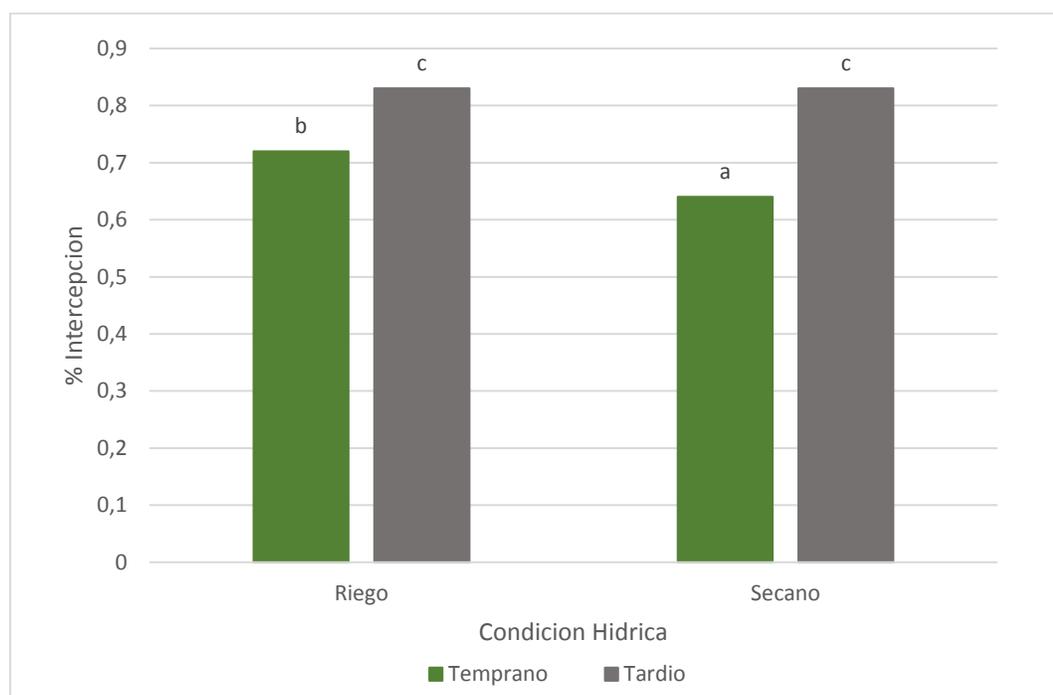


Figura 4. Porcentaje de intercepción de la radiación durante el periodo crítico en distintas condiciones hídricas y fechas de siembra.

Continuando con el análisis de la tabla 8, la radiación fotosintéticamente activa interceptada entre V_{13} y R_3 fue afectada por la interacción entre la fecha de siembra y la condición hídrica, dicha interacción se refleja en la Figura 5. En la misma se observa que para la fecha de siembra temprana, y para la misma oferta de radiación solar como se puede ver en la Figura 2, la cantidad de radiación solar interceptada para el tratamiento bajo riego fue superior al tratamiento en secano, debido posiblemente a que este último presentó un menor porcentaje de intercepción de la radiación solar a causa de un menor crecimiento durante el periodo crítico.

En cambio, para la fecha de siembra tardía no hubo diferencias en la cantidad de radiación solar interceptada para ambas condiciones hídricas (Riego y Secano) posiblemente debido al exceso de precipitaciones durante este momento como se puede observar en la Figura 1 y Tabla 2. Lo que determinó que

el crecimiento de las plantas fuera muy similar para ambos tratamientos y como resultado un igual porcentaje de intercepción de la radiación solar.

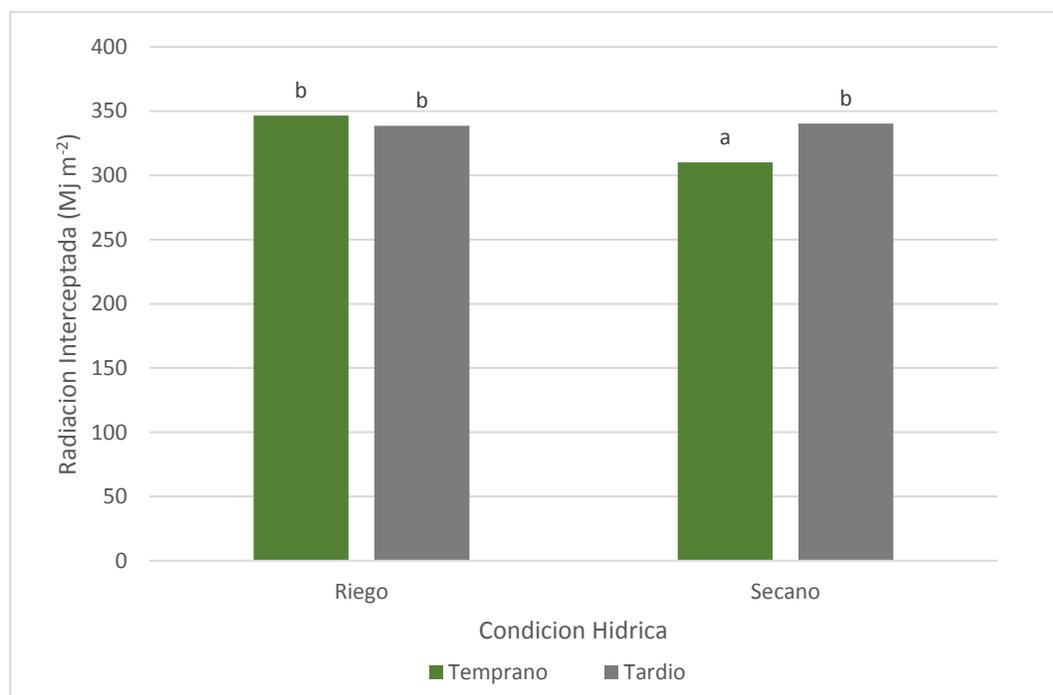


Figura 5. Radiación Interceptada (Mj/m²) en distintas condiciones hídricas y fechas de siembra.

La EUR, presentó valores levemente inferiores a los reportados por otros autores quienes informaron valores entre 2,63 y 4,09 g MS Mj⁻¹ (Andrade *et al* 1996; Espósito *et al* 2012; Espósito *et al* 2015), esta diferencia puede explicarse por un menor porcentaje de intercepción de la radiación en este estudio, respecto a los realizados por los otros investigadores. En este caso la EUR fue modificada tanto por la fecha de siembra como por la condición hídrica, siendo superior en la fecha temprana en secano, respecto la condición de riego para ambas fechas de siembras.

IV.4. Rendimiento y Componentes

En la Tabla 9 se presentan el rendimiento y sus componentes para cada fecha de siembra y condición hídrica.

Tabla 9. Rendimiento (kg ha⁻¹), número de granos (granos m²) y peso de 1000 granos (g), para las distintas fechas de siembra (Temprana y Tardía) y condiciones hídricas (Riego y Secano).

Tratamiento	Condición Hídrica	Rendimiento (Kg ha⁻¹)	NG(m²)	PG(g)
Temprano	Riego	14583,70	4020,05	362,56
	Secano	13968,94	3788,89	368,05
Tardío	Riego	14290,28	4721,63	227,68
	Secano	15663,10	4962,54	257,78
FS : CH	-	NS	NS	NS
CV	-	8,86	3,99	10,69
R₂	-	68	97	94

NG: número de granos. PG: peso de granos. FS:CH: Interacción fecha de siembra por condición hídrica. CV: coeficiente de variación. g: gramos. NS: Diferencia No Significativa, p valor >0,01.

El rendimiento no fue afectado estadísticamente por los tratamientos. Estos resultados se contraponen a lo encontrado por Espósito *et al* (2012), quien evaluando el rendimiento potencial entre maíces tempranos y tardíos encontraron que los maíces sembrados en octubre poseen un mayor rendimiento que los tardíos, sin embargo, este autor resalta que dicha diferencia se da con densidades de siembra superiores a las utilizadas en este estudio, la cual se fijó en 80000 pl ha⁻¹ para poder comparar entre fechas de siembra.

Además, cabe resaltar que según estudios realizados por Cerliani *et al.*, (2018), cuando la densidad de siembra es la óptima agronómica, o sea aquella que permite alcanzar el máximo rendimiento en granos, la producción por planta para el híbrido utilizado en esta experiencia es de 115,5 g pl⁻¹, este valor es inferior al hallado en este trabajo el cual varió entre 174 y 195 g p⁻¹, esto indicaría que las densidades empleadas en este estudio fueron inferiores a las necesarias para lograr el rendimiento potencial.

En cuanto a los componentes directos del rendimiento, se observa que el número de granos difirió entre fechas de siembra (p=0,0169), siendo estadísticamente superior en fechas tardías (Tabla 7). Por otro lado, el

peso de granos también difirió estadísticamente entre fechas de siembras ($p=0,0334$) siendo mayor en fechas tempranas, este comportamiento se explica por las mejores condiciones ambientales (precipitaciones, temperaturas y radiación solar), durante el periodo de definición de número de granos (V13 a R3) en la fecha de siembra tardía, mientras que en la fecha temprana las mejores condiciones se dieron durante el periodo de llenado de granos (R3 a R6) (Figura 1,2 y 3).

Analizando el comportamiento de los componentes de rendimiento, se encontró un efecto compensatorio entre el N° de granos y el peso de estos (Figura 4), dando como resultado final que el rendimiento no cambio entre fechas de siembra y condición hídrica. El efecto de compensación entre los componentes de rendimiento también fue encontrado por Cerliani *et al* (2018) para este mismo genotipo.

Esta compensación ocurre debido a que las condiciones de crecimiento durante el periodo de determinación del número de granos (V13 a R3) modifican el contenido de asimilados disponibles por grano, durante la fase temprana de crecimiento de los mismos a lo cual se le atribuye el potencial de almacenaje de los granos, es decir, se condiciona el peso final de los granos (Capitano *et al* 1983; Jones *et al* 1996).

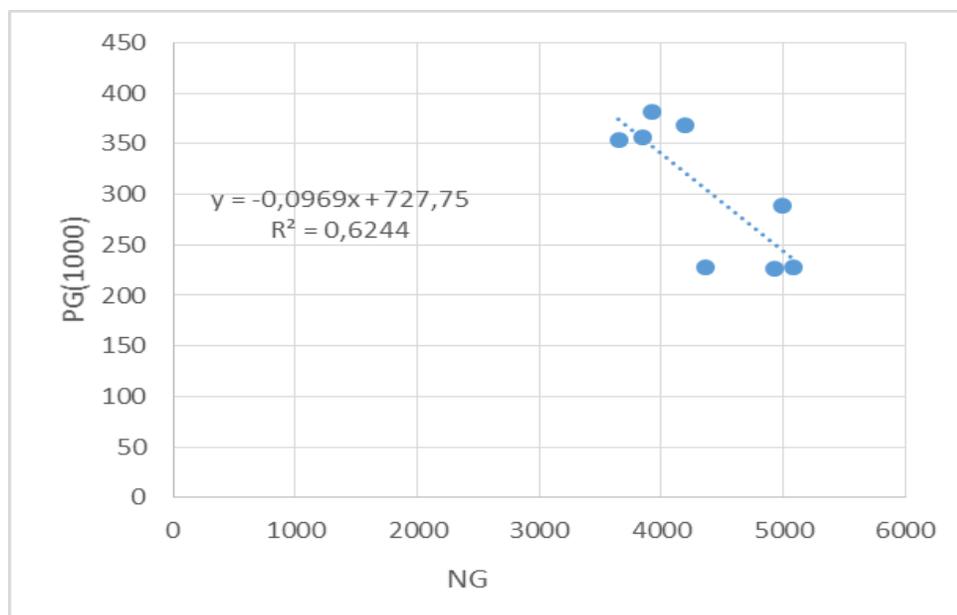


Figura 6. Peso de 1000 granos (g), en función del número de granos por metro cuadrado.

V. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales permiten concluir que para el caso bajo estudio ni la fecha de siembra, ni la condición hídrica o la interacción de ambos factores generaron cambios ecofisiológicos que provoquen aumentos en el rendimiento del cultivo de maíz.

Estos resultados se dieron en un ciclo con un registro pluviométrico superior a la media regional, por lo que se puede inferir que en diferentes condiciones ambientales estas respuestas pueden cambiar. Poniendo en evidencia aspectos que requieren mayor profundización y que se puede lograr mediante el análisis de una serie más prolongada de años y en condiciones meteorológicas diferentes a la del presente estudio.

VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ANDRADE, F.; A. CIRILO, S. UHART, y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Ed. La Barrosa. Dekalbpres. INTA, FCA-UNMP. Balcarce, Argentina.
- BARRIONUEVO, N., FELER, M. V. y SEPULCRI, M. G. 2013. Evolución del área regada en cultivos de verano con pivot central en Córdoba. CONAGUA., San Juan, Argentina. Actas 1:248
- BARRIONUEVO, N., y FELER, M. 2014. Evolución del área regada con pivote central en la provincia de Córdoba en el periodo 1994-2014. III Congreso internacional de ordenamiento territorial y tecnologías de la información geográfica. Universidad Nacional de General Sarmiento. Disponible en: <http://ciottig.estudiomanta.com/>. Consultado: 15/10/2015
- BLARASIN, M.; CABRERA, A., MATTEODA, E., AGUIRRE, M., FRONTERA, H., MALDONADO, L., BECHER QUINODOZ, J., ALBO, G., FELIZZIA, J. y PALACIO, D. 2014. Aspectos litológicos, hidráulicos, cambios de régimen y reservas de los principales acuíferos. En: *Aguas subterráneas de la provincia de Córdoba*, 1^{ra} Ed. UniRio, Rio Cuarto, Córdoba. 11-80.
- BOLSA DE CEREALES DE CORDOBA, 2015. Informe agroeconómico N°154. Departamento de información agroeconómica. Bolsa de Cereales de Córdoba. Disponible en: http://bccba.com.ar/images_db/noticias_archivos/3098-Descargar%20Informe%20N°154.pdf. Consultado: 15/10/2015.
- BOLSA DE CEREALES DE CORDOBA, 2015. Informe N° 72. Departamento de información agroeconómica, Bolsa de Cereales de Córdoba. Disponible en: http://bccba.com.ar/images_db/noticias_archivos/3086Informe%20N°72%20Producción%20de%20Cultivos%20Estivales.pdf. Consultado: 15/10/2015
- BOLSA DE CEREALES DE CORDOBA, 2018. Informe N° 125. Departamento de información agroeconómica, Bolsa de Cereales de Córdoba. Disponible en: http://www.bccba.com.ar/images_db/noticias_archivos/4028-Descargar%20Informe%20N%C2%B0125.pdf#viewer.action=download. Consultado: 15/05/2018
- CÁRCOVA, J.; ABELEDO, L.G.; LÓPEZ PEREIRA, M.; 2003. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. Producción de Granos, bases para su manejo. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- CERLIANI, C. G.P. ESPOSITO, F.D. MORLA, G.R. BALBOA y R.A. NAVILLE. 2018. Relación entre la densidad óptima agronómica y el número de granos por planta en maíz (*Zea mays* L.). *European Scientific Journal*. vol.14, No.9, pp. 29-45. doi: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n9p29>.
- DIRIENZO, J.A.; F. CASANOVES F.; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- ESPOSITO, G.; BALBOA, G.; CERLIANI, C.; BALBOA, R.; CASTILLO, C. 2012. Rendimiento Potencial de Maíz en Rio Cuarto. Tercer Reunión Internacional de Riego, INTA Manfredi, Córdoba.
- ESPOSITO, G.; BALBOA, G.; CERLIANI, C.; BALBOA, R.; 2015. *Rendimiento potencial de maíz*. El cultivo de maíz en San Luis. Boletín técnico 188 INTA, San Luis, Argentina. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maizensanluis.pdf.
- ESPOSITO, G. 2015. Rendimientos potenciales en maíz. XXIII Congreso AAPRESID. Asociación Argentina de productores en siembra directa. Rosario. 5 al 7 de agosto. Resúmenes.
- FAO, 2015. Perspectivas de cosechas y situación alimentaria. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4773s.pdf>. Consultado: 30/10/2015.
- FAO, 2018. Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>. Consultado: 01/05/2018.
- HISSE R. I; D'ANDREA E.M.; OTEGUI E.; 2019. Source-sink relations and kernel weight in maize inbred lines and hybrids: Responses to contrasting nitrogen supply levels. Disponible en: [file:///C:/Users/Familia/Downloads/Sourcesink-relations-and-kernel-weight-in-maize-inbred-lines-and-hybrids-Responses-to-contrasting-nitrogen-supply-levels2019Field-Crops-Research%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Familia/Downloads/Sourcesink-relations-and-kernel-weight-in-maize-inbred-lines-and-hybrids-Responses-to-contrasting-nitrogen-supply-levels2019Field-Crops-Research%20(1).pdf)
- MARTÍNEZ ÁLVAREZ, D. 2015. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. El cultivo de maíz en San Luis, Boletín técnico 188 INTA, San Luis, Argentina. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maizensanluis.pdf
- MIRALLES, D. J.; WINDAUER, L. B.; GÓMEZ, N. V. 2003. Factores que regulan el desarrollo en los cultivos de granos. Producción de Granos, bases para su manejo. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- PEDRAZA, M. B. 2016. *Inventario y caracterización de la superficie bajo riego suplementario por pivó central en la provincia de Córdoba para el periodo 1994-2016*. Trabajo Final de Grado. Universidad Nacional de Villa María, Villa María, Argentina. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inventario_y_caracterizacion_de_la_superficie_bajo_riego_suplementario_por_pivot_central_en_la_provincia_de_cordoba_para_el_periodo_1994-2016.pdf. Consultado: 01/05/2018.
- RITCHIE W. y J. HANWAY 1982. How a corn plant develops. Special Reports N° 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa.:21 pág.
- SALINAS, A.I.; MARTELLOTO, E.; GIUBERGIA, J.P.; SALAS, P.; CAPUCCINO, P.; PAPPALARDO, J.; LOVERA, E.F. y GORGAS, J. 2006. Riego suplementario en cultivos extensivos en la provincia de Córdoba situación actual. INTA MANFREDI, Córdoba.

SEILER, R.A.; FABRICIUS, R.A.; ROTONDO, V.H. y VINOCUR, M.G. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto – 1974 / 1993. Volumen I.FVA. UNRC. RIO CUARTO. CORDOBA. ARGENTINA.

SIIA. 2015. Estimaciones de siembra, cosecha, producción y rendimiento del maíz en Córdoba. En: http://www.sii.gov.ar/_apps/sii/estimaciones/estima2.php. Consultado: 30/10/2015.

VALDEZ, S. D.; GARCIA, F. y CAVIGLIA, O. 2014. Maíz tardío en Entre Ríos, Argentina, Calibración de umbrales críticos en nitrógeno. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/EFC6C3C93256655785257CA000805704/\\$FILE/18.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/EFC6C3C93256655785257CA000805704/$FILE/18.pdf)

VII. ANEXOS

VII.1. Salida Infostat.

Biomasa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa	8	0,43	0,00	4,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)					
Modelo.	1061,34	5	212,27	0,31	0,8759
Fecha de siembra	41,39	1	41,39	0,06	0,8296
Cond Hidrica	803,29	1	803,29	5,73	0,2520
(Cond Hidrica*Bloque)					
Bloque	68,44	1	68,44	0,10	0,7829
Fecha de siembra*Cond Hidr..	7,99	1	7,99	0,01	0,9242
Cond Hidrica*Bloque	140,24	1	140,24	0,20	0,6967
Error	1384,18	2	692,09		
Total	2445,53	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=54,31848

Error: 692,0921 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.
Tardío	608,84	4	13,15 A
Temp	613,39	4	13,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=52,86909

Error: 140,2358 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Riego	601,10	4	5,92 A
Secano	621,14	4	5,92 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=54,31848

Error: 692,0921 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.
2	608,19	4	13,15 A
1	614,04	4	13,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=76,81793

Error: 692,0921 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hídrica	Medias	n	E.E.
Tardío	Riego	599,82	2	18,60 A
Temp	Riego	602,37	2	18,60 A
Tardío	Secano	617,87	2	18,60 A
Temp	Secano	624,41	2	18,60 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

TCC

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TCC	8	0,60	0,00	4,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2,32	5	0,46	0,59	0,7268	
Fecha de siembra	1,37	1	1,37	1,73	0,3189	
Cond Hidrica	0,41	1	0,41	1,24	0,4656	(Cond
Hidrica*Bloque)						
Bloque	0,20	1	0,20	0,25	0,6647	
Fecha de siembra*Cond Hidr..	0,01	1	0,01	0,02	0,9132	
Cond Hidrica*Bloque	0,33	1	0,33	0,42	0,5836	
Error	1,58	2	0,79			
Total	3,90	7				

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=1,83429

Error: 0,7892 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.
Tardío	17,91	4	0,44 A
Temp	18,73	4	0,44 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=2,56854**

Error: 0,3310 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Riego	18,09	4	0,29 A
Secano	18,55	4	0,29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=1,83429**

Error: 0,7892 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.
2	18,16	4	0,44 A
1	18,48	4	0,44 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=2,59407**

Error: 0,7892 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Tardío	Riego	17,64	2	0,63 A
Tardío	Secano	18,17	2	0,63 A
Temp	Riego	18,55	2	0,63 A
Temp	Secano	18,92	2	0,63 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

% Intercepcion

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Intercepcion	8	1,00	0,99	1,38

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V. (Error)	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,05	5	0,01	95,60	0,0104
Fecha de siembra	0,05	1	0,05	423,86	0,0024
Cond Hidrica (Cond Hidrica*Bloque)	2,5E-03	1	2,5E-03	75,68	0,0729
Bloque	1,5E-04	1	1,5E-04	1,33	0,3674
Fecha de siembra*Cond Hidr..	3,2E-03	1	3,2E-03	29,17	0,0326
Cond Hidrica*Bloque	3,4E-05	1	3,4E-05	0,31	0,6344
Error	2,2E-04	2	1,1E-04		
Total	0,05	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,02153

Error: 0,0001 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.	
Temp	0,68	4	0,01	A
Tardio	0,83	4	0,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,02585

Error: 0,0000 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.	
Secano	0,74	4	2,9E-03	A
Riego	0,77	4	2,9E-03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,02153

Error: 0,0001 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.	
1	0,75	4	0,01	A
2	0,76	4	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,03044

Error: 0,0001 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.	
Temp	Secano	0,64	2	0,01	A
Temp	Riego	0,72	2	0,01	B
Tardio	Riego	0,83	2	0,01	C
Tardio	Secano	0,83	2	0,01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Rad Int

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rad Int	8	0,98	0,92	1,30

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V. (Error)	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		1605,21	5	321,04	17,13	0,0561
Fecha de siembra		247,76	1	247,76	13,22	0,0680
Cond Hidrica (Cond Hidrica*Bloque)		601,61	1	601,61	130,98	0,0555
Bloque		25,25	1	25,25	1,35	0,3656
Fecha de siembra*Cond Hidr..		726,00	1	726,00	38,74	0,0249
Cond Hidrica*Bloque		4,59	1	4,59	0,25	0,6696
Error		37,48	2	18,74		
Total		1642,69	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=8,93842

Error: 18,7409 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.
Temp	328,45	4	2,16 A
Tardio	339,58	4	2,16 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=9,56810

Error: 4,5931 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Secano	325,34	4	1,07 A
Riego	342,68	4	1,07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=8,93842

Error: 18,7409 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.
1	332,23	4	2,16 A
2	335,79	4	2,16 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=12,64084

Error: 18,7409 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Temp	Secano	310,25	2	3,06 A
Tardio	Riego	338,72	2	3,06 B
Tardio	Secano	340,43	2	3,06 B
Temp	Riego	346,64	2	3,06 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

EUR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EUR	8	0,91	0,67	3,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)						
Modelo.		0,10	5	0,02	3,84	0,2194
Fecha de siembra		0,01	1	0,01	2,70	0,2421
Cond Hidrica		0,05	1	0,05	22,11	0,1334
(Cond Hidrica*Bloque)						
Bloque		2,3E-03	1	2,3E-03	0,46	0,5677
Fecha de siembra*Cond Hidr..		0,03	1	0,03	5,37	0,1463
Cond Hidrica*Bloque		2,3E-03	1	2,3E-03	0,46	0,5669
Error		0,01	2	5,0E-03		
Total		0,11	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,14549

Error: 0,0050 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.	
Tardío	1,79	4	0,04	A
Temp	1,88	4	0,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,21376

Error: 0,0023 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.	
Riego	1,75	4	0,02	A
Secano	1,91	4	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,14549

Error: 0,0050 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.	
2	1,82	4	0,04	A
1	1,85	4	0,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,20576

Error: 0,0050 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.	
Temp	Riego	1,74	2	0,05	A
Tardío	Riego	1,77	2	0,05	A
Tardío	Secano	1,82	2	0,05	A B
Temp	Secano	2,01	2	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Rto

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rto	8	0,68	0,00	8,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)						
Modelo.		7107064,04	5	1421412,81	0,85	0,6198
Fecha de siembra		981026,58	1	981026,58	0,58	0,5244
Cond Hidrica		287321,76	1	287321,76	0,12	0,7875
(Cond Hidrica*Bloque)						
Bloque		1474173,74	1	1474173,74	0,88	0,4476
Fecha de siembra*Cond Hidr..		1975242,06	1	1975242,06	1,18	0,3913
Cond Hidrica*Bloque		2389299,90	1	2389299,90	1,42	0,3551
Error		3356113,06	2	1678056,53		
Total		10463177,10	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=2674,66210

Error: 1678056,5295 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.	
Temp	14276,32	4	647,70	A
Tardio	14976,69	4	647,70	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=6900,93296

Error: 2389299,9018 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.	
Riego	14436,99	4	772,87	A
Secano	14816,02	4	772,87	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=2674,66210

Error: 1678056,5295 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.	
2	14197,23	4	647,70	A
1	15055,77	4	647,70	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=3782,54342

Error: 1678056,5295 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.	
Temp	Secano	13968,94	2	915,98	A
Tardio	Riego	14290,28	2	915,98	A
Temp	Riego	14583,70	2	915,98	A
Tardio	Secano	15663,10	2	915,98	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

NG

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
NG	8	0,97	0,90	3,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2163675,15	5	432735,03	14,24	0,0669	
Fecha de siembra	1758249,27	1	1758249,27	57,85	0,0169	
Cond Hidrica	47,44	1	47,44	2,4E-04	0,9902	(Cond Hidrica*Bloque)
Bloque	92830,56	1	92830,56	3,05	0,2226	
Fecha de siembra*Cond Hidr..	111427,76	1	111427,76	3,67	0,1956	
Cond Hidrica*Bloque	201120,11	1	201120,11	6,62	0,1237	
Error	60791,24	2	30395,62			
Total	2224466,40	7				

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=359,97401

Error: 30395,6219 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.
Temp	3904,47	4	87,17 A
Tardío	4842,09	4	87,17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=2002,16664

Error: 201120,1064 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Riego	4370,84	4	224,23 A
Secano	4375,71	4	224,23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=359,97401

Error: 30395,6219 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.
2	4265,56	4	87,17 A
1	4481,00	4	87,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=509,08013

Error: 30395,6219 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Temp	Secano	3788,89	2	123,28 A
Temp	Riego	4020,05	2	123,28 A
Tardío	Riego	4721,63	2	123,28 B
Tardío	Secano	4962,54	2	123,28 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

PG (P1000)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PG (P1000)	8	0,94	0,78	10,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
(Error)						
Modelo.		31330,88	5	6266,18	5,93	0,1505
Fecha de siembra		30049,64	1	30049,64	28,45	0,0334
Cond Hidrica		633,34	1	633,34	9,86	0,1963
(Cond Hidrica*Bloque)						
Bloque		281,17	1	281,17	0,27	0,6572
Fecha de siembra*Cond Hidr..		302,51	1	302,51	0,29	0,6461
Cond Hidrica*Bloque		64,23	1	64,23	0,06	0,8282
Error		2112,16	2	1056,08		
Total		33443,03	7			

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=67,09861

Error: 1056,0775 gl: 2

Fecha de siembra	Medias	n	E.E.
Tardío	242,73	4	16,25 A
Temp	365,30	4	16,25 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=35,77971**

Error: 64,2286 gl: 1

Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Riego	295,12	4	4,01 A
Secano	312,91	4	4,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=67,09861**

Error: 1056,0775 gl: 2

Bloque	Medias	n	E.E.
2	298,09	4	16,25 A
1	309,94	4	16,25 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)**Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=94,89177**

Error: 1056,0775 gl: 2

Fecha de siembra	Cond Hidrica	Medias	n	E.E.
Tardío	Riego	227,68	2	22,98 A
Tardío	Secano	257,78	2	22,98 A
Temp	Riego	362,56	2	22,98 B
Temp	Secano	368,05	2	22,98 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

VII.2. Imágenes en V13 y R3, y salida programa SisCob.

Temprano Riego V13



Temprano Secano V13



Temprano Riego R3



Temprano Secano R3



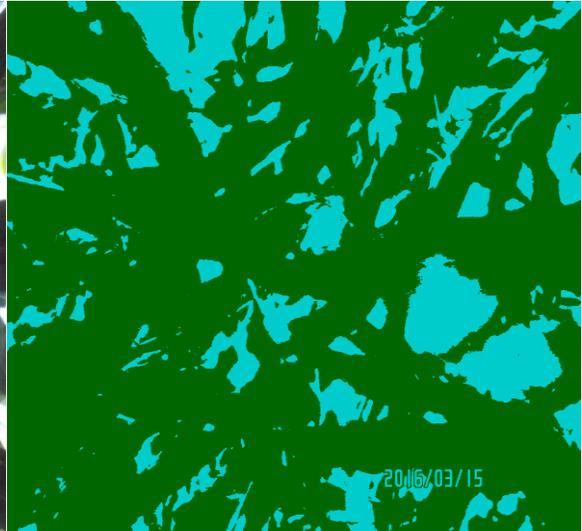
Tardío Riego V13



Tardío Secano V13



Tardío Riego R3



Tardío Secano R3

