



Creer... Crear... Crecer...

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo
Modalidad: Proyecto

**Producción de biomasa aérea y fenología en tres cultivares de soja
de distinto GM bajo riego y seco, y su relación con el
rendimiento**

Adrián José Bonifacino

DNI: 31.290.834

Director: Federico D. Morla

Co-Director: Guillermo A. Cerioni

Río Cuarto - Córdoba

Diciembre de 2017

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

*Producción de biomasa aérea y fenología en tres cultivares de soja de distinto
GM bajo riego y seco, y su relación con el rendimiento*

Autor: Adrián José Bonifacino

Director: Federico D. Morla

Co-Director: Guillermo A. Cerioni

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Cerliani, Cecilia _____

Violante, M. Gabriela _____

Morla, Federico D. _____

Fecha de Presentación: _____ / _____ / _____.

Aprobado por la Secretaría Académica: _____ / _____ / _____.

Secretario Académico

Agradecimientos

A mis padres y hermano que me brindaron la posibilidad de formarme a nivel universitario y que siempre me dieron aliento a seguir.

A mi compañera de vida y mi hijo por estar siempre insistiendo para recibirme.

A mis amigos de la universidad por los buenos momentos vividos.

A mi director de tesis por darme una gran ayuda para poder realizar este trabajo

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE CUADROS	VI
RESUMEN	VII
SUMMARY	VIII
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES:.....	3
HIPÓTESIS	4
OBJETIVO GENERAL	4
MATERIALES Y MÉTODOS	5
MEDICIONES Y ESTIMACIONES:	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
CONDICIONES METEOROLÓGICAS:	7
FENOLOGÍA:	9
CRECIMIENTO.....	12
RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES.....	15
CONCLUSIONES	21
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura media (°C) del aire durante la campaña de soja (2012-2013) y temperatura media del período 1974-1993 en Río Cuarto (Cba).....	7
Figura 2. Precipitaciones y riego (mm) aplicados durante la campaña 2012-2013 y precipitaciones medias para el periodo 1974-1993 en Río Cuarto (Cba).....	8
Figura 3. Radiación fotosintéticamente activa (MJ m ⁻²) durante campaña de soja (2012-2013) y para la serie 1974-1993 en Río Cuarto (Cba).....	9
Figura 4. Biomasa total aérea producida (g m ⁻²) por el GM III en condición de riego y secano, durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013) en Río IV (Cba).....	13
Figura 5. Biomasa total aérea producida (g m ⁻²) por el grupo de madurez IV en condición de riego y secano durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013) en Río IV (Cba).....	13
Figura 6. Biomasa total aérea producida (g m ⁻²) por el grupo de madurez V en condición de riego y secano, durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013) en Río IV (Cba).....	14
Figura 7. Número de granos m ⁻² en función de tratamientos grupo de madurez III, IV y V para el cultivo de soja (2012-2013). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test LSD de Fisher (5%).....	16
Figura 8. Número de granos m ⁻² para tratamiento Riego y Secano, para el cultivo de soja (2012-2013). Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD de Fisher (5%).....	16
Figura 9. Peso promedio de 100 granos (g) para la interacción Grupo de madurez-Condición hídrica para el cultivo de soja (2012-2013).....	17
Figura 10. Rendimiento (kg ha ⁻¹) para los Grupos de madurez III, IV y V, para el cultivo de soja (2012-2013).....	18
Figura 11. Rendimiento (kg ha ⁻¹) en función de la condición Riego y Secano, para el cultivo de soja (2012-2013).....	18
Figura 12. Relación entre la TCC (g m ⁻² °Cd ⁻¹) durante la etapa de R1-R5 y el número de granos fijados por unidad de superficie para los diferentes GM de soja en condición Riego (símbolos azules) y Secano (símbolos rojos).....	19
Figura 13. Relación entre la TCC (g m ⁻² °Cd ⁻¹) durante la etapa de R5-R7 y el peso individual de granos (g) para los diferentes GM de soja en condición Riego (símbolos azules) y Secano (símbolos rojos)...	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas fenológicas, fechas calendario, días entre etapas (DEE), días desde la siembra (DDS) y tiempo térmico (°Cd) entre etapas y acumulado para soja GM III en riego (Ri) y secano (Se).....	6
Cuadro 2. Etapas fenológicas, fechas calendario, días entre etapas (DEE), días desde la siembra (DDS) y tiempo térmico (°Cd) entre etapas y acumulado para soja GM IV en riego (Ri) y secano (Se).....	6
Cuadro 3. Etapas fenológicas, fechas calendario, días entre etapas (DEE), días desde la siembra (DDS) y tiempo térmico (°Cd) entre etapas y acumulado para soja GM V en riego (Ri) y secano (Se).....	11
Cuadro 4. Condiciones meteorológicas prevalecientes durante etapas fenológicas para cada GM en las distintas condiciones hídricas (riego y secano).....	12
Cuadro 5. Tasa de crecimiento del cultivo TCC expresada en g m ⁻² día ⁻¹ y en g m ⁻² Cd ⁻¹ de Cultivares de Soja de GM III, IV y V bajo condiciones de Riego y Secano.....	15

RESUMEN

La diferencia de duración de las etapas fenológicas en el ciclo del cultivo de soja dada por los distintos grupos de madurez, y el estado hídrico durante ciclo del cultivo modifica los escenarios ambientales (principalmente radiación incidente y la disponibilidad hídrica) a los que se expone el cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de biomasa aérea en diferentes estadios fenológicos en tres cv de distinto GM bajo riego y seco y su relación con el rendimiento. El estudio se desarrolló en el Campo Experimental de la FAV-UNRC, ubicado en cercanías de Río Cuarto durante el período 2012-2013. Se utilizó un diseño experimental de parcelas subdivididas dispuestas en bloques al azar con tres repeticiones, donde los factores estudiados fueron, la condición hidrológica: riego complementario y condición de seco; y el otro factor interviniente fue el grupo de madurez, con cultivares representativos de los GM III (TJ 2137), GM IV (TJ 2246) y GM V (TJ exp. 2255). Se analizó la fenología y factores ambientales a los que se expusieron los GM. Durante el ciclo del cultivo se determinó materia seca total, tasa de crecimiento del cultivo y componentes del rendimiento. El desarrollo del cultivo no se vio modificado por la condición hídrica. Diferencias en la fenología hicieron que los GM estuviesen expuestos a diferentes condiciones de radiación y temperatura, y la condición hidrológica a diferentes periodos de estrés hídrico durante su ciclo de crecimiento. Tanto la producción de biomasa total aérea como el rendimiento final en granos alcanzado por los GM presentó una importante respuesta al factor condición hídrica. Las tasas de crecimiento del cultivo (TCC) se correspondieron a las condiciones ambientales a las que se expusieron los cultivares ya sea por su longitud de ciclo como por la aplicación de riego complementario. A diferencia de lo esperado, las relaciones entre la TCC y los componentes del rendimiento (Numero de Grano y Peso de grano) no mostraron una tendencia significativa para sus respectivas etapas de definición. Las respuestas encontradas en este trabajo pueden ser explicadas por la ubicación del periodo crítico, que en grupos más cortos coincidió con un ambiente de mayor oferta de radiación en condiciones de riego complementario. Mientras que fueron estos grupos los que menor rendimiento presentaron en las condiciones de seco, ya que el periodo crítico de éstos quedó expuesto a condiciones estresantes dadas por una alta demanda atmosférica y la falta de capacidad de aporte de agua por parte del suelo. Estos resultados son de importancia como base en prácticas de manejo agronómico en la región como lo es la elección de cultivares.

Palabras claves: Soja, Grupos de Madurez, Fenología, tasa de crecimiento del cultivo (TCC), Rendimiento

SUMMARY

Biomass production and phenology of three soybean cultivars with different MG, irrigated and rainfed, and their relationship to yield

The difference in the duration of the phenological stages in the soybean crop cycle given by the different maturity groups (MG), and the water status during the crop cycle modify the environmental scenarios (mainly incident radiation and water availability) to which the crop. The objective of this work was to evaluate the biomass production in different phenological stages in three cultivars of different MG under irrigation and dry land and its relationship with yield. The study was carried out in the Experimental Field of the FAV-UNRC, located in Río Cuarto during the period 2012-2013. An experimental design of subdivided plots arranged in random blocks with three replications was used, where the factors studied were the hydrological condition: complementary irrigation and rainfed condition; and the other intervening factor was the MG, with cultivars representative of MG III (TJ 2137), IV (TJ 2246) and V (TJ exp 2255). The phenology and environmental factors to which the MGs were exposed were analyzed. During the crop cycle, total dry matter, growth rate of the crop and yield components were determined. The development of the crop was not modified by the water condition. Differences in phenology caused the MG to be exposed to different radiation and temperature conditions, and the hydrological condition at different periods of water stress during their growth cycle. Both the production of total biomass and the final grain yield reached by MG presented an important response to the water condition factor. The crop growth rate (CGR) corresponded to the environmental conditions to which the cultivars were exposed, either because of their length of cycle or because of the application of complementary irrigation. Unlike what was expected, the relationships between the CGR and the components of the yield (Grain Number and Weight) did not show a significant trend for their respective definition stages. The response found in this work can be explained by the location of the critical period, which in shorter groups coincided with an environment of greater radiation supply in conditions of complementary irrigation. While it was these groups that showed the lowest yield in rainfed conditions, since the critical period of these was exposed to stressful conditions given by a high atmospheric demand and the lack of water supply capacity by the soil. These results are of importance as a basis for agronomic management practices in the region, such as the cultivars choice.

Key words: Soybean, maturity groups (MG), phenology, crop growth rate (CGR), yield.

INTRODUCCIÓN

La soja, *Glycine max* (L.) Merrill, es una especie de origen asiático; muchos autores coinciden en que podría ser nativa del norte y centro de China. Hacia el año 3000 A.C., los chinos ya consideraban a la soja como una de las cinco semillas sagradas, puesto que se trata de unos de los alimentos fuertes de los pueblos del oriente. De China se diseminó a Corea y Japón en distintas épocas (200 AC, el siglo III AC y los siglos VI y VIII). Asimismo, de China pasó a Indonesia y Polinesia. A través de las Islas Molucas llegó a Indostán, Ceilán (hoy Sri Lanka), Palestina y África del Norte. Aunque los europeos se enteraron de la existencia de la soja en 1712, las primeras semillas cultivadas en Europa provenían de China y su siembra se realizó en el “*Jardin des Plantes*” de París en 1740. Para el final del siglo XIX, el cultivo de soja por Europa no tuvo mucho éxito, probablemente por problemas de manejo y pobres condiciones climáticas. Esto determinó que su producción estuviera localizada sólo en su zona de origen hasta después de la guerra chino-japonesa. En 1765 se introdujo en América desde China. Posteriormente en 1851 pasó a Illinois (EE.UU.), desde donde se multiplicó y diseminó (Martínez Álvarez, 2012).

Los principales productores a nivel mundial son, Estados Unidos, Brasil, Argentina e India. Argentina, en la campaña 2015/16 tuvo una superficie sembrada de 19.781.812 hectáreas, de las que se cosecharon 19.252.552, con una producción de 53.397.715 toneladas y un rendimiento medio de 2.774 kg ha⁻¹. En Córdoba, se sembraron 5.052.760 ha, se cosecharon 4.965.360 ha con una producción de 14.917.611 t y un rendimiento promedio de 3.004 kg ha⁻¹. En el Departamento Río Cuarto la producción fue de 2.108.980 t, el rendimiento medio de 2.580 kg ha⁻¹ en una superficie sembrada y cosechada de 817.300 ha (SIIA, 2016).

La Soja es una especie que presenta un conjunto de características fisiológicas que la diferencian del resto de los cultivos y que condicionan el manejo y utilización del mismo, entre sus características más relevantes se puede mencionar la existencia de Grupos de Madurez (GM), una gran respuesta al fotoperiodo, diferentes hábitos de crecimiento y plasticidad reproductiva (Salado Navarro, 2012).

Las diferentes longitudes de ciclo del cultivo de soja, permiten dividir en franjas latitudinales al país, son áreas en donde en cada una se desarrolla mejor un GM que otro. La cantidad de GM que se pueden sembrar por franja disminuye desde el norte del país hacia el sur. Los GM varían del 0, I, II, III y así sucesivamente hasta IX) (Baigorri, 2004).

Otro factor importante que influye en el desarrollo es el hábito de crecimiento del cultivo, pudiendo ser determinado, indeterminado o semideterminado; en el primeros el tallo principal detiene su crecimiento y formación de nudos luego de la floración; en el segundo, luego de la floración continúa la diferenciación de nudos sobre el tallo principal, siendo mayor su altura que en cultivares determinados de su misma longitud de ciclo; y en el tercero después de floración siguen emitiendo un número

intermedio de nudos entre los hábitos de crecimiento determinado e indeterminado. (Giorda y Baigorri, 1997).

Desde el punto de vista de la adaptación del cultivo al ambiente, el desarrollo fenológico es el factor más importante y particularmente crítico para definir el comportamiento en situaciones de estrés (Andrade y Sadras, 2002). A lo largo de su desarrollo se van produciendo cambios cualitativos morfológicos y anatómicos que conducen a definir el potencial de rendimiento (Kantolic *et al.*, 2013), y que pueden ser clasificados de acuerdo a diferentes escalas, una de las más usadas es la propuesta por Fehr y Caviness (1977), que emplea dos escalas: una para estados vegetativos y una para estados reproductivos, existiendo una superposición de las etapas de desarrollo cuya magnitud depende del hábito de crecimiento (determinado o indeterminado), principalmente.

Los factores ambientales como la temperatura y el fotoperiodo, y genotípicos como la sensibilidad del genotipo, son los reguladores de la duración de las fases de desarrollo, del crecimiento en cada etapa y resultarán en la cantidad de órganos que se diferenciarán, conjuntamente con el ambiente al que se expone el cultivo en cada etapa fenológica (Kantolic *et al.*, 2003).

Es importante tener una buena estructura vegetal hacia el periodo llamado crítico (determinación del rendimiento) la etapa de R3-R6 (periodo crítico: comienzo de formación de vainas hasta madurez fisiológica), y optimizar el uso de los recursos en ese periodo (Salado Navarro, 2012). El manejo junto con el mejoramiento genético va a definir los mejores rendimientos para cada ambiente en particular (Andrade y Sadras, 2002).

Diseñar un planteo de siembra, en un sitio determinado, lleva a realizar una correcta caracterización ambiental, la cual va a condicionar el desarrollo, crecimiento y rendimiento, por esto va a estar determinado el manejo a realizar y los GM que se puedan utilizar en ese ambiente y resulten en un mejor resultado. Dentro de los factores ambientales la radiación incidente y la disponibilidad hídrica, son importantes y tienen una estrecha relación con el rendimiento final del cultivo (Baigorri, 2004).

La Tasa de Crecimiento del Cultivo, (TCC; biomasa acumulada por unidad de tiempo) resulta del balance de dos procesos contrapuestos, la fotosíntesis y la respiración. Debido a que la fracción del carbono fijado que se destina a respiración es casi constante, aumentos en la radiación interceptada por el cultivo se traducen en aumentos proporcionales de la tasa de crecimiento (Salado Navarro, 2012). Para obtener una TCC máxima durante una etapa determinada, es importante la velocidad de crecimiento del área foliar. Puede decirse que con el incremento del IAF (Índice Área Foliar), aumenta también la TCC hasta que la planta logra capturar valores cercanos al 95% de la radiación solar incidente (Meneghello, 2006). La acumulación de materia seca máxima y constante ocurre inicialmente en las estructuras vegetativas y luego cambia hacia las vainas y semillas. Después de R5.5 (la mayoría de las vainas con granos de 76 a 100% de llenado) se alcanzan los valores máximos de materia seca vegetativa (Giorda y Baigorri, 1997). Para maximizar la TCC durante el periodo crítico, es necesario hacer coincidir este período con el momento de la estación de crecimiento en el que ocurre la máxima

radiación incidente, siempre y cuando no se comprometa el estado hídrico del cultivo (Díaz Zorita, 2004).

El uso de riego permite mantener el contenido hídrico del suelo en niveles compatibles con los requerimientos del cultivo durante su ciclo y, en particular, en el periodo crítico.

La adaptación del cultivo al ambiente está influenciada por el patrón fenológico. El mismo puede sortear situaciones de estrés cuando el periodo crítico ocurre en épocas más desfavorables (Andrade y Sadras, 2000). Por lo que la práctica de riego, en el periodo de mayor demanda por parte del cultivo, posiciona al mismo en condiciones más favorables para lograr mayor biomasa y también mayor rendimiento.

Antecedentes:

Buyatti *et al.*, (2006), evaluaron la materia seca de biomasa aérea total de soja, en cuatro fechas de siembra y cuatro grupos de madurez, en los estadios fenológicos R5 y R6. Ellos encontraron que en las fechas de siembra tempranas, resultaron los mayores pesos de materia seca de biomasa aérea total de soja y que los grupos de madurez IV, V y VI arrojaron los mayores pesos secos de biomasa, por lo tanto resultaron ser más favorables los grupos de madurez altos.

Salvagiotti *et al.*, (2010), evaluó el uso eficiente de los recursos por parte de la soja, determinando la duración de los periodos fenológicos para cultivares grupo IV y V según la fecha de siembra, precipitaciones y arreglos espaciales en la campaña 2004-05. Encontró que los máximos rendimientos se lograron cuando se hacían coincidir los períodos de mayor demanda de recursos con la mayor oferta de los mismos favoreciendo el desarrollo de un mayor número de destinos reproductivos.

Por su parte Pérez *et al.*,(2011), en la EEA INTA Gral. Villegas estudiaron varios cultivares en la campaña 2010/11, con fecha de siembra 9/11 para todos los grupos de madurez del II al V. Estos autores encontraron rendimientos medios de 3497 kg ha⁻¹, registrándose los menores rendimientos en el GM V (2993 kg ha⁻¹) y los mayores en el GM III (3782 kg ha⁻¹).

Los rendimientos fueron dados principalmente por el número de granos por unidad de superficie en relación con el peso de granos.

Manso *et al.*, (2011), trabajaron sobre el comportamiento de cultivares de soja bajo riego en el centro-sur bonaerense utilizando cultivares de diferentes GM (II a IV) y crecimiento indeterminado sembrados en tres fechas de siembra. En todos los casos, se observó que el atraso en la fecha de siembra redujo la duración del ciclo del cultivo, y que esa reducción fue más importante en los GM mayores, debido a la mayor sensibilidad de respuesta fotoperiódica de los mismos.

Como antecedente local en Río Cuarto, en la UNRC, en la campaña 2011-12, Ponso (2015) realizó un ensayo similar de soja con dos GM (III y V), obtuvo mayores rendimientos en los cultivares cortos (III) bajo riego, debido a que en el período de llenado de grano presentaron mejores condiciones

de radiación, temperatura (en enero) favoreciendo su óptimo desarrollo, respecto al grupo más largo, en este último el llenado de grano se vio limitado por la menor radiación incidente (en febrero-marzo). Resultados inversos se obtuvieron en condiciones hídricas desfavorables (secano), donde el grupo más largo presentó mejores resultados debido a las lluvias tardías y menor demanda evaporativa de la atmósfera durante el periodo de llenado de granos.

En función de lo reseñado, se considera importante generar información actualizada sobre el cultivo de soja en la región de Río Cuarto, planteando como línea de estudio el comportamiento fenológico, crecimiento y rendimiento de cultivares representativos de los GM III, IV y V sembrados en esta región bajo condiciones hídricas contrastantes (riego y secano).

Hipótesis

El escenario ambiental dado por la combinación de diferente longitud de ciclo de los GM III, IV y V y las condiciones hídricas riego y secano generan distintas condiciones para la producción de biomasa, y componentes del rendimiento en soja.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la producción de biomasa aérea y la fenología de tres cultivares de soja de distinto GM bajo riego y secano, y su relación con el rendimiento.

Objetivos específicos

- Registrar las etapas fenológicas
- Evaluar el crecimiento a través de la biomasa aérea acumulada
- Relacionar los cambios fenológicos asociados al genotipo y las condiciones ambientales durante las etapas críticas con la biomasa producida, los componentes del rendimiento y la producción de granos

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo de docencia y experimentación (CamDocEx) de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC (LS 33°06; LO 64°17; 434 msnm), sobre un suelo clasificado según la clave taxonómica del USDA como Haplustol típico, con una textura franco-arenosa fina en un área de relieve normal.

El ensayo se llevó a cabo con tres cultivares (Tj 2137 GM III; TJ 2246 GM IV y TJ exp. 2255 GM V) representativos de los Grupos de madurez (GM) III, IV y V, bajo condiciones de riego complementario y en secano. Para el riego se utilizó un equipo de avance frontal, aplicando el criterio de reposición al 50% AU el cual se monitoreó semanalmente mediante la relación entre los datos de lluvia y ETP obtenidos de una estación agrometeorológica instalada en el mismo campo experimental.

Se empleó un diseño experimental de parcelas subdivididas dispuestas en bloques al azar con tres repeticiones, donde el factor principal fue la condición hídrica y el secundario los grupos de madurez.

La fecha de siembra, común para todos los tratamientos, fue el 18 de noviembre de 2012 con una máquina de siembra directa de 9 surcos, a 0,525 m de distancia entre hileras y una densidad de 30 pl m⁻². La semilla se inoculó previo a la siembra y el cultivo fue conducido con prácticas de manejo orientadas a minimizar los efectos de malezas, plagas y enfermedades durante su ciclo.

Mediciones y estimaciones:

Del Clima:

El Campo de Experimentación donde se realizó el ensayo cuenta con una estación Agrometeorológica de la que se obtuvieron los registros de precipitaciones (mm), temperatura de aire, máxima, mínima y media (°C), y radiación global (MJ m⁻² d⁻¹) y se compararon con los valores normales de la zona (Seiler *et al.*, 1995).

Del Cultivo:

Durante el ciclo del cultivo se realizaron muestreos semanales en los que se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos, registrando:

Fenología del cultivo según escala de Ferh y Caviness (1971) y se calculó la duración de las respectivas fases en días y °CD utilizando una T_{base} de 6 °C (Kantolic *et al.*, 2013) mediante la ecuación $TT = T_m - T_b$.

En cada fase, desde siembra a R8, se determinó la biomasa aérea producida mediante 3 muestreos de todas las plantas en 1 metro lineal de surco (equivalente a 0,52 m²) por tratamiento y repetición. Las plantas se separaron en sus órganos componentes (hojas, tallos+ramas, frutos y semillas) y se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 80 °C hasta peso constante. Con estos datos se

construyeron las curvas de crecimiento y se calculó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) la cual se estimó como la biomasa producida en un determinado período de tiempo.

A la madurez de cosecha se recolectaron todas las plantas de 5 muestras de 1 m² para cuantificar el rendimiento de granos y sus componentes directos (contando el número de granos y peso de 100 granos).

Análisis Estadísticos:

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y al test de comparaciones múltiples LSD de Fisher ($\alpha= 0,05$) y se calcularon correlaciones entre variables mediante análisis de correlación de Pearson, empleando el programa estadístico INFOSTAT (versión 2016) (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones meteorológicas:

En las figuras 1, 2 y 3 se presentan las temperaturas medias del aire (°C), la radiación fotosintéticamente activa incidente ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$) y las precipitaciones (mm) a intervalos decádicos para el ciclo agrícola 2012-2013 y los datos de la serie 1974-1993 (Seiler *et al.*, 1995).

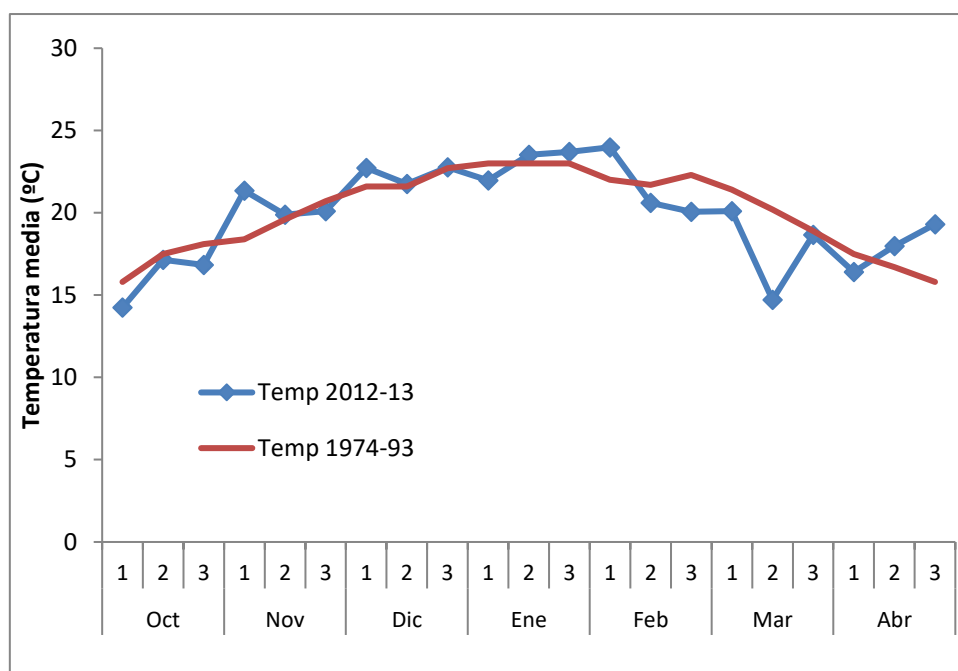


Figura 1. Temperatura media (°C) del aire durante la campaña de soja (2012-2013) y temperatura media del período 1974-1993 en Río Cuarto (Cba).

Durante la campaña 2012-2013 la evolución de las temperaturas medias fue muy similar al periodo 1974-1993, solo se identificaron diferencias en la primer década de noviembre de 3°C, en la segunda década de febrero de 2,25 °C donde hubo valores mayores a la serie histórica y en la tercer década de marzo donde se dieron valores inferiores a la serie histórica en 5,5 °C.

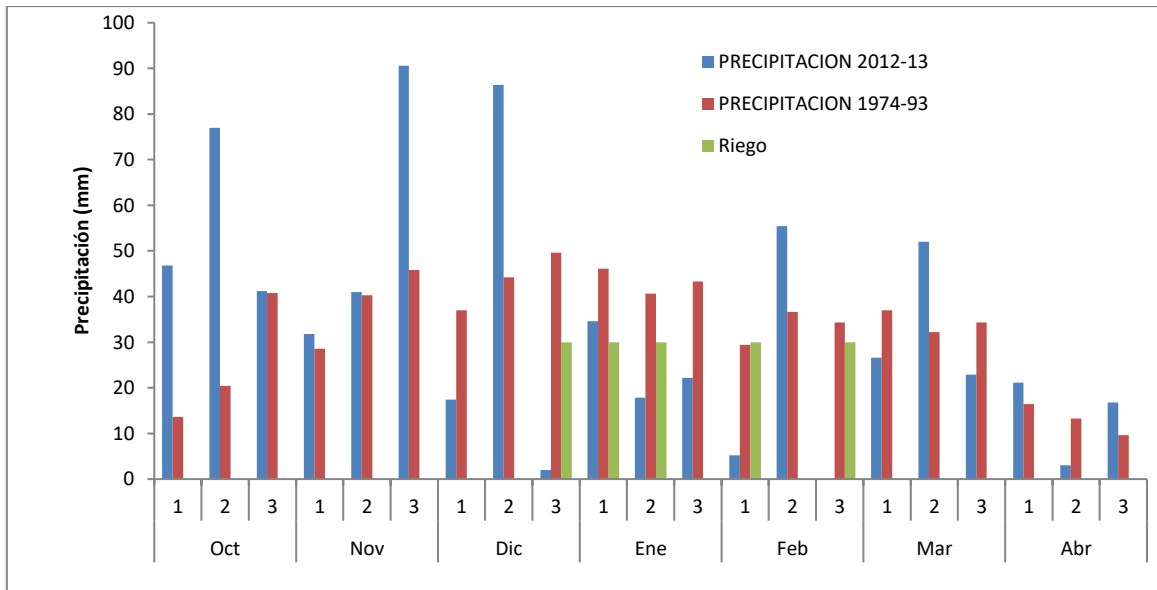


Figura 2. Precipitaciones y riego (mm) aplicados durante la campaña 2012-2013 y precipitaciones medias para el periodo 1974-1993 en Río Cuarto (Cba).

En la figura 2 se observan las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (2012-2013) y las del periodo histórico (1974-1993) donde en el primer caso durante octubre, noviembre y las dos primeras décadas de diciembre las mismas fueron iguales o superiores al segundo caso, durante la tercer década de diciembre y hasta la segunda década de marzo los valores se invirtieron y luego tuvieron valores similares.

Los balances hidrológicos (lluvia-ET_o) fueron negativos con -330 mm, desde la 3^a década de diciembre, enero y febrero. Para morigerar esas deficiencias el tratamiento con riego recibió 5 láminas de 30 mm cada una.

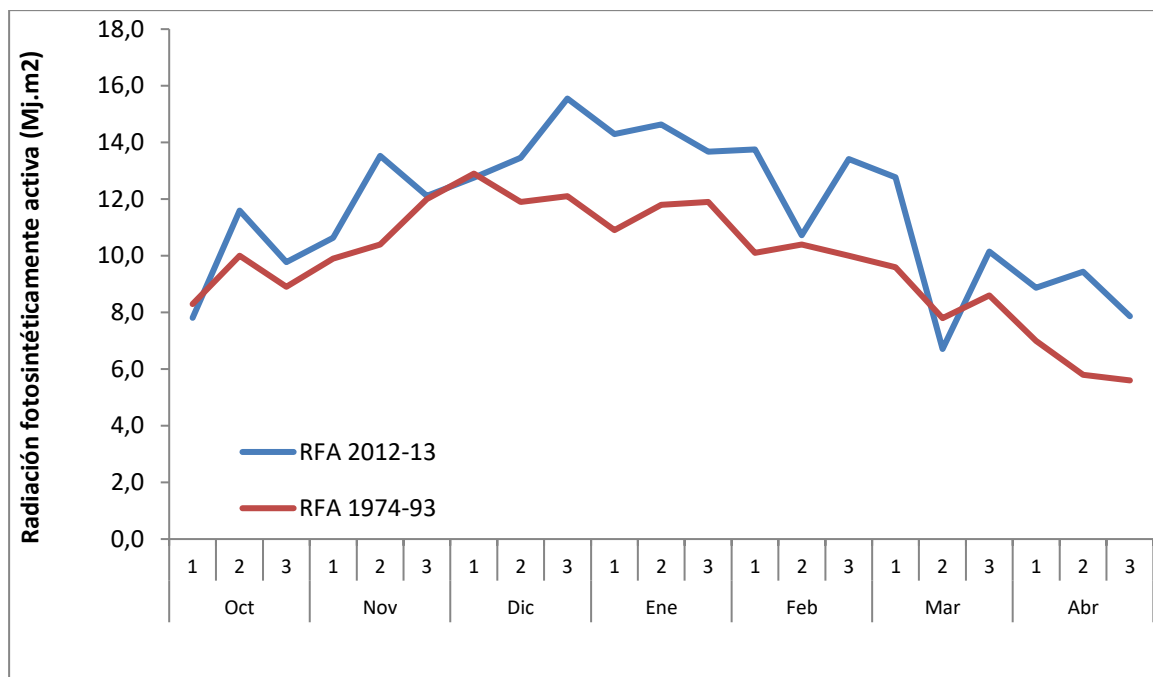


Figura 3. Radiación fotosintéticamente activa (MJ m^{-2}) durante campaña de soja (2012-2013) y para la serie 1974-1993 en Río Cuarto (Cba).

La radiación fotosintéticamente activa (figura 3) durante el ciclo del cultivo (2012-2013) fue superior a la del periodo 1974-1993, con excepción de la segunda década de marzo, donde hubo un registro levemente por debajo, en correspondencia con condiciones de precipitación durante esa misma década (figura 2).

Fenología:

En los Cuadros 1, 2 y 3 se presenta la variación en días y tiempo térmico ($\text{TT } ^\circ\text{Cd}$) para las etapas vegetativas y reproductivas de los grupos de madurez de soja estudiados (III, IV y V) en ambas condiciones hídricas (riego y secano).

Las etapas vegetativas V2-V3 y V6-V7 se cumplieron en la misma cantidad de días (34 y 42 respectivamente) para todos los cultivares evaluados y condiciones hídricas. En este sentido, se conoce que el filocrono, tiempo que transcurre entre la aparición de dos hojas sucesivas, es dependiente de la especie y relativamente estable ante variaciones de las condiciones ambientales (Kantolic *et. al.*, 2013).

El comienzo de la etapa reproductiva R1, inicio de floración, fue similar en los GM más cortos (III y IV), (49 días desde la siembra), mientras que en el cultivar de soja de GM V fue superior (68 días), sin diferencias entre las condiciones de riego y secano. Baigorri (2004), señala que la etapa vegetativa comprendida entre la siembra/emergencia del cultivo y el comienzo de la floración (R1) es la que define mayoritariamente la longitud del ciclo de los diferentes GM de soja.

Cuadro 1. Etapas fenológicas, fechas calendario, días entre etapas (DEE), días desde la siembra (DDS) y tiempo térmico (°Cd) entre etapas y acumulado para soja GM III en riego (Ri) y secano (Se).

SOJA 2012/13											
Fechas de muestreo – Fenología											
secano						Riego					
S	08/11/12	DEE	DDS	TT °Cd GM III Se		S	08-11-12	DEE	DDS	TT °Cd GM III Ri	
V2-V3	12/12/12	34	34	526,4	526,4	V2-V3	12/12/12	34	34	526,4	526,4
V6-V7	20/12/12	8	42	120,7	647,1	V6-V7	20/12/12	8	42	120,7	647,1
R1	27/12/12	7	49	112,4	759,5	R1	27/12/12	7	49	112,4	759,5
R3	10/01/13	14	63	231,7	991,2	R3	10/01/13	14	63	231,7	991,2
R5-R6	25/01/13	15	78	264,7	1255,9	R5-R6	25/01/13	15	78	264,7	1255,9
R6	05/02/13	11	89	193,7	1449,6	R6	05/02/13	11	89	193,7	1449,6
R7	04/03/13	27	116	398,0	1847,6	R7	12/03/13	35	124	515,2	1964,8
R8	25/03/13	11	127	241,6	2089,2	R8	25/03/13	3	127	124,4	2089,2

Cuadro 2. Etapas fenológicas, fechas calendario, días entre etapas (DEE), días desde la siembra (DDS) y tiempo térmico (°Cd) entre etapas y acumulado para soja GM IV en riego (Ri) y secano (Se).

SOJA 2012/13											
Fechas de muestreo – Fenología											
Secano						Riego					
S	08/11/12	DEE	DDS	TT °Cd GM IV Se		S	08/11/12	DEE	DDS	TT °Cd GM IV Ri	
V2-V3	12/12/12	34	34	526,4	526,4	V2-V3	12/12/12	34	34	526,4	526,4
V7	20/12/12	8	42	120,7	647,1	V7	20/12/12	8	42	120,7	647,1
R1	27/12/12	7	49	112,4	759,5	R1	27/12/12	7	49	112,4	759,5
R3	10/01/13	14	63	231,7	991,2	R3	10/01/13	14	63	231,7	991,2
R5	28/01/13	18	81	316,5	1307,7	R5	28/01/13	18	81	316,5	1307,7
R6	05/02/13	8	89	141,9	1449,6	R6	05/02/13	8	89	141,9	1449,6
R7	04/03/13	27	116	398,0	1847,6	R7	12/03/13	35	124	515,2	1964,8
R8	25/03/13	21	137	241,6	2089,2	R8	25/03/13	13	137	124,4	2089,2

Cuadro 3. Etapas fenológicas, fechas calendario, días entre etapas (DEE), días desde la siembra (DDS) y tiempo térmico (°Cd) entre etapas y acumulado para soja GM V en riego (Ri) y secano (Se).

SOJA 2012/13											
Fechas de muestreo – Fenología											
Secano						Riego					
S	08/11/12	DEE	DDS	TT °Cd GM V Se		S	08/11/12	DEE	DDS	TT °Cd GM V Ri	
V2-V3	12/12/12	34	34	526,4	526,4	V2-V3	12/12/12	34	34	526,4	526,4
V5-V6	20/12/12	8	42	120,7	647,1	V5-V6	20/12/12	8	42	120,7	647,1
R1	15/01/13	26	68	438,4	1085,5	R1	15/01/13	26	68	438,4	1085,5
R3	04/02/13	20	88	345,8	1431,3	R3	04/02/13	20	88	345,8	1431,3
R5	18/02/13	14	102	237,9	1669,2	R5	18/02/13	14	102	237,9	1669,2
R6	08/03/13	18	120	240,6	1909,8	R6	08/03/13	18	120	240,6	1909,8
R7	25/03/13	17	137	179,4	2089,2	R7	25/03/13	17	137	179,4	2089,2
R8	05/04/13	11	148	128,7	2217,9	R8	05/04/13	11	148	128,7	2217,9

Esta tendencia, siendo similares las duraciones de las etapas entre grupos III y VI y no así con el GM V, se mantuvo durante el avance del ciclo del cultivo. Así el centro del periodo crítico (R5) ocurrió a los 78 (25/01), 81 (28/01) y 102 (18/02) días después de la siembra en los GM III, IV y V, respectivamente.

Respecto a la condición hídrica, solo se encontraron diferencias de duración en el GM III y GM IV (cuadro 1 y 2) para el momento que el cultivo llega a R7 (comienzo de madurez) donde en la condición de riego fue 8 días más lenta que la condición en secano. Esta diferencias de longitud se fueron diluyendo hacia el momento de madurez total (R8) finalizando el ciclo en los 2 casos con aproximadamente 137 días desde siembra. Esta respuesta puede ser atribuida al periodo de estrés ocurrido a fines de febrero observado en la figura 2, cuando este cultivar estaba en proceso de llenado de granos (R6). En este sentido Andrade y Sadras (2002), señalan que un estrés hídrico en este periodo provoca una disminución de la etapa de llenado a madurez ya que la planta prioriza la tasa de llenado del grano a expensas de una menor duración de la fase lineal de llenado.

Finalmente, el ciclo completo del GM III fue de 127 días, mientras que en el GM IV se extendió hasta los 137 días y el GM V hasta los 148 DDS, en estrecha correspondencia con sus respectivas características genotípicas.

En el siguiente cuadro se observa una síntesis de las condiciones meteorológicas registradas en el periodo vegetativo (S-R1) y reproductivo (R1-R5 y R5-R7). Durante la etapa S-R1, la temperatura media fue similar para todos los cultivares (21,2 a 21,8°C), como también

la RFA acumulada 246 a 288 MJ m⁻². El período vegetativo completo (S-R1) experimentó un déficit hidrológico moderado, y se aplicó riego.

Cuadro 4. Condiciones meteorológicas prevalecientes durante etapas fenológicas para cada GM en las distintas condiciones hídricas (riego y secano).

Etapa	GM	Condición	Temperatura media	Radiación Incidente	Precip.	Riego	ET _o	DE
			°C	MJ m ⁻²	mm	mm	mm	mm
S-R1	III	R	21,2	657,4	246,8	30	291,3	-14,5
		S				-----		-44,5
	IV	R	21,2	657,4	246,8	30	291,3	-14,5
		S				-----		-44,5
	V	R	21,7	938	288,6	60	421,9	-73,3
		S				-----		-133,3
R1-R5	III	R	23	438,2	54,4	60	198,8	-84,4
		S				-----		-144,4
	IV	R	23	474,7	59	60	217,1	-98,9
		S				-----		-158,9
	V	R	23,2	469,3	95,2	60	210,3	-55,1
		S				-----		-115,1
R5-R7	III	R	15,6	586,8	109,6	60	252,4	-82,8
		S				-----		-142,8
	IV	R	15,3	542,2	109,6	60	231,6	-61,9
		S				-----		-121,9
	V	R	11,9	374,7	98,4	30	146,9	-18,5
		S				-----		-48,5

R: riego. S: secano. ET_o: evapotranspiración. DE: déficit

El análisis del periodo reproductivo, basado en los datos meteorológicos de los subperiodos R1-R5 y R5-R7, muestra que el cultivar de GM III recibió similar radiación incidente que los otros cultivares en R1-R5 y mayor radiación en el periodo de llenado de granos (R5-R7), a su vez fue el cultivar que mayor déficit hídrico experimentó en ambos periodos bajo condiciones de secano. Condiciones ambientales similares se dieron en el cultivar de GM IV. Por el contrario el GM V se vio expuesto a menor cantidad de radiación principalmente durante el llenado de granos. Aunque experimentó, en general, un déficit hídrico menos severo que los otros cultivares en condiciones de secano.

Estas diferentes condiciones ambientales a las que se expusieron los cultivares a través de la elección del GM pone de manifiesto la importancia de la elección de la longitud de ciclo de un cultivar cuando se plantea la siembra del cultivo de soja. En este sentido, Pérez *et al.* (2011) observaron que el GM III en los estadios entre R1 hasta R5 sufrieron déficit hídricos y que el GM V posiblemente tuvo mayores posibilidades de reaccionar favorablemente ante las lluvias ocurridas en etapas más tardías.

Crecimiento

En las figuras 4, 5 y 6 se muestra la evolución en la producción de biomasa aérea total para los GM III, IV y V respectivamente, bajo riego y secano, durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013).

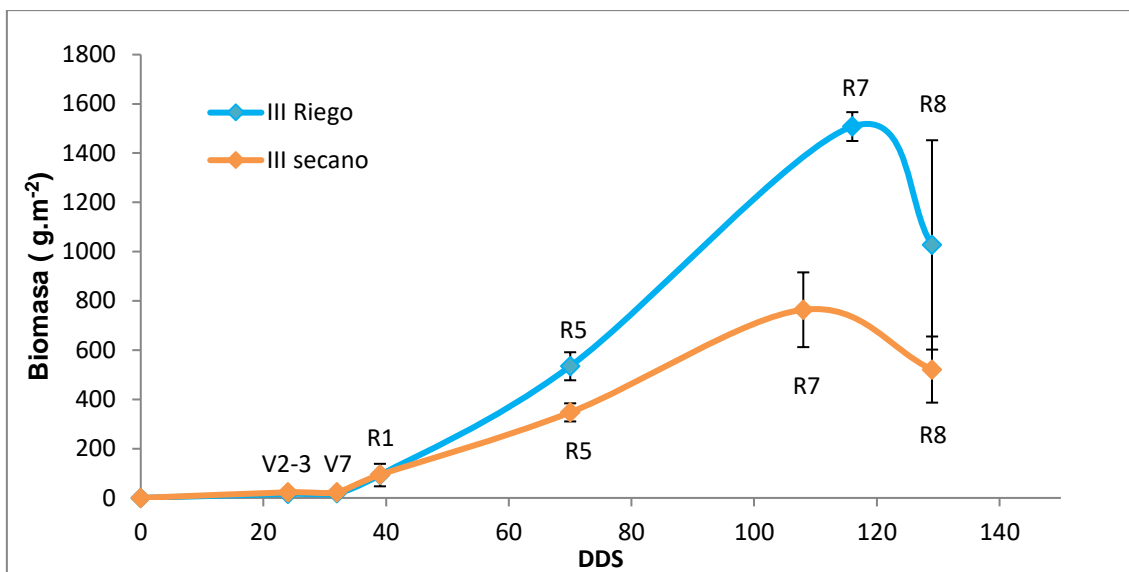


Figura 4. Biomasa total aérea producida (g m^{-2}) por el GM III en condición de riego y seco, durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013) en Río IV (Cba).

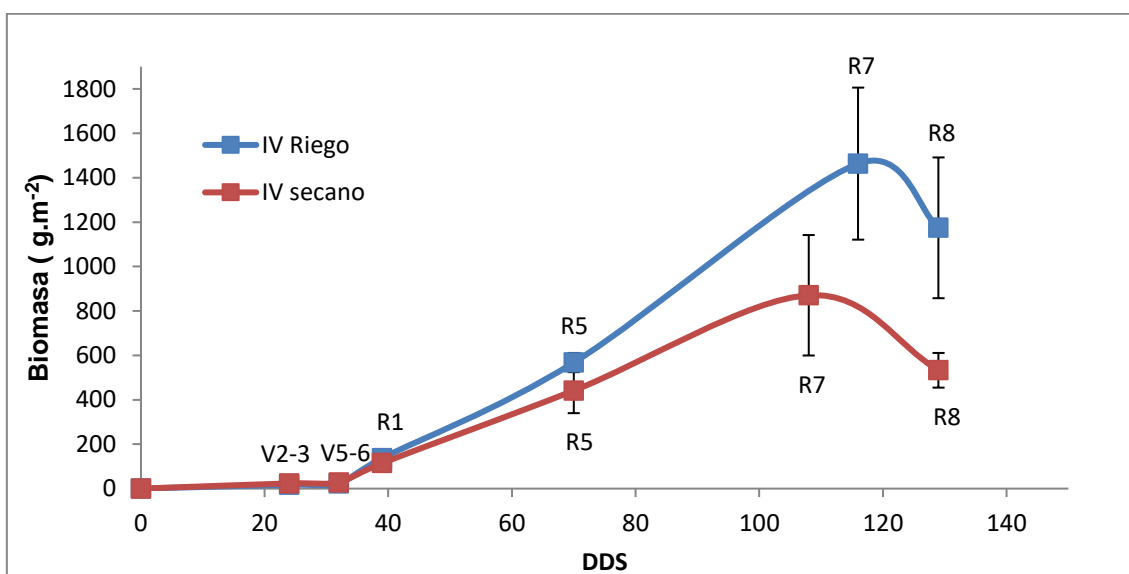


Figura 5. Biomasa total aérea producida (g m^{-2}) por el grupo de madurez IV en condición de riego y seco durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013) en Río IV (Cba).

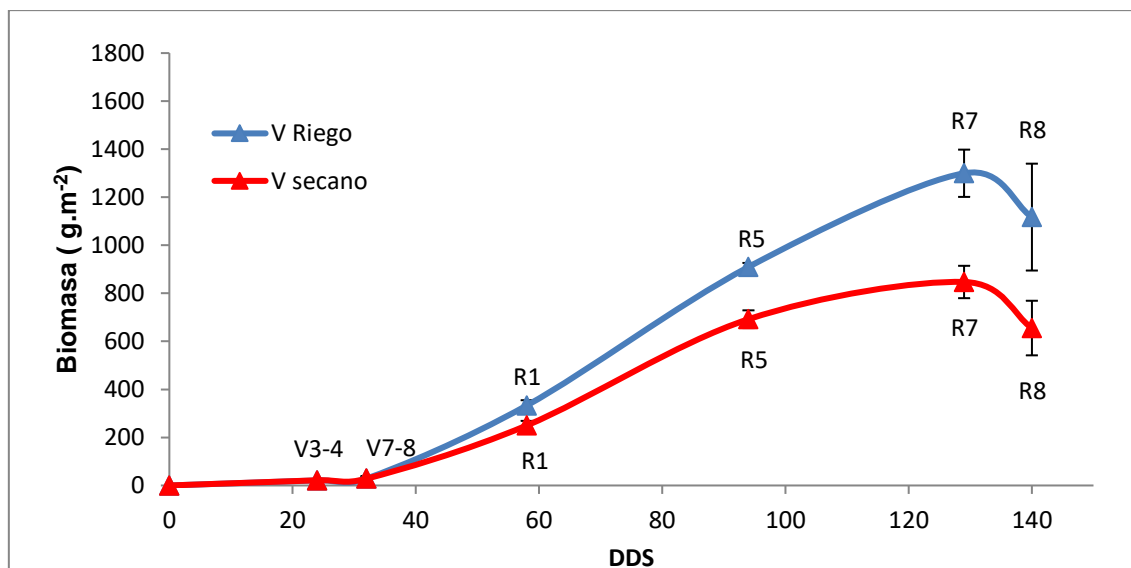


Figura 6. Biomasa total aérea producida ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) por el grupo de madurez V en condición de riego y secano, durante el ciclo del cultivo de soja (2012-2013) en Río IV (Cba).

Observando las curvas de evolución de la biomasa producida por los tres grupos de madurez, durante el ciclo del cultivo de soja en las dos condiciones hídricas contrastantes, se evidencia una respuesta común, de mayor producción de biomasa aérea total bajo la condición de riego. El resultado es similar al hallado por Canfalone *et al.*, (2002) en su ensayo con soja cultivada con y sin riego.

Los valores máximos de biomasa alcanzados por los cultivares fueron mayores en la condición de riego respecto a la de secano, así los GM III, IV y V bajo la condición de riego, produjeron 1507,8, 1463,4 y 1299,7 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente, mientras que para la condición de secano estos valores fueron de 692,13, 870,6 y 847,07 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, siendo el estado fenológico R7 el momento en que todos alcanzaron esa máxima acumulación de biomasa.

Resultados similares fueron encontrados a nivel local (ciclo 2011/12) donde la biomasa producida en cultivares bajo riego respecto a secano fueron un 114; 95 y 48% superiores para cultivares de grupo III, IV y V, respectivamente (Scheurer, 2015).

Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC)

La TCC expresa el ritmo de crecimiento a través de la acumulación diaria de biomasa por superficie. La misma está estrechamente relacionada con la radiación solar interceptada que, a la vez, depende de la cobertura (IAF) (Andrade y Sadras, 2002). Los valores calculados para las etapas R1-R5 y R5-R7 se muestran el cuadro 5. Para todos los casos la condición hídrica modificó la TCC. Respecto a los diferentes cultivares, en la primera parte del periodo reproductivo (R1-R5), el GM III superó a los otros cultivares en ambas condiciones hídricas. Mientras que en la etapa de R5-R7 (llenado de granos)

se observó que las mayores TCC se dieron en el GM IV bajo riego y en el GM V en condiciones de secano.

Cuadro 5. Tasa de crecimiento del cultivo TCC expresada en $\text{g m}^{-2}\text{día}^{-1}$ y en $\text{g m}^{-2}\text{Cd}^{-1}$ de Cultivares de Soja de GM III, IV y V bajo condiciones de Riego y Secano.

GM	Etapa	Riego		Secano	
		TCC/día	TCC/°Cd	TCC/día	TCC/°Cd
GM III	R1-R5	15,15	0,89	12,21	0,71
	R5-R7	9,23	0,65	1,08	0,08
GM IV	R1-R5	13,46	0,74	10,17	0,56
	R5-R7	11,07	0,79	1,73	0,12
GM V	R1-R5	10,28	0,60	5,21	0,30
	R5-R7	7,40	1,26	4,43	0,79

En este trabajo, las TCC se correspondieron a las condiciones ambientales a las que se expusieron los cultivares ya sea por su longitud de ciclo como por la aplicación de riego complementario. Es decir que las mayores TCC se dieron en condiciones de mayor radiación incidente y temperaturas adecuadas cuando el agua no era un factor limitante (bajo riego) mientras que para condiciones de secano la mayor TCC estuvo relacionada a momentos donde el estrés hídrico no era tan severo. Estos resultados coinciden con los encontrados en la bibliografía que señalan el efecto detrimental de un estrés hídrico en el crecimiento del cultivo ya que afecta su capacidad de interceptar radiación (disminuye la expansión foliar) y la capacidad de usar la radiación (disminuye la fotosíntesis) (Kantolic *et al.*, 2013). Al respecto, Pastore (2014) sobre esta misma base de datos, encontró que los valores de EUR promedio para los cultivares de GM III, IV y V fueron superiores (entre 1,55 a 1,79 g MJ^{-1}) para la condición bajo riego respecto a la condiciones de secano (1,17 a 1,42 g MJ^{-1}), al igual que la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por los mismos.

Rendimiento y sus componentes

Las siguientes figuras (de figura 7 a 11) presentan los componentes directos del rendimiento para los GM III, IV, y V, en condición de riego y secano, para el ciclo del cultivo de soja (2012-2013).

La figura 7 muestra el número de granos m^{-2} del cultivo de soja para el factor GM, el análisis estadístico de este componente no arrojó diferencias significativas ($p = 0,7428$) entre los niveles evaluados. En general el GM III presentó menor cantidad de granos fijados, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa, esta tendencia fue mencionada por Kantolic *et al.* (2003), que describe

que en las variedades de ciclo corto la duración del período crítico es generalmente menor y limita la capacidad de formar granos.

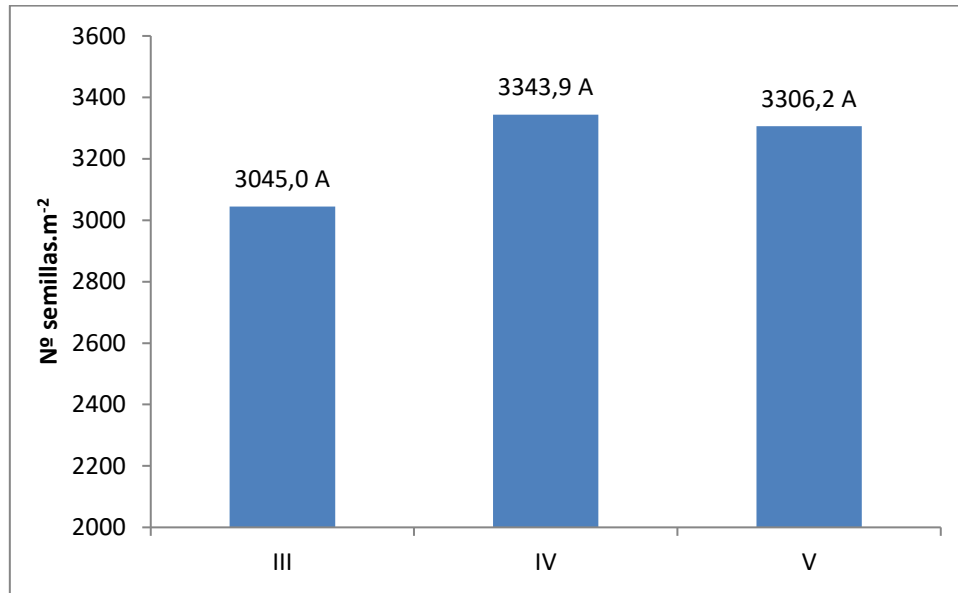


Figura 7. Número de granos m⁻² en función de tratamientos grupo de madurez III, IV y V para el cultivo de soja (2012-2013). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test LSD de Fisher (5%).

Por su parte, en el análisis de este componente respecto a la condición hídrica (figura 8), se observaron diferencias altamente significativas ($p = 0,0004$) a favor de la condición de riego, que presentó un 75 % más de granos m⁻² que en seco.

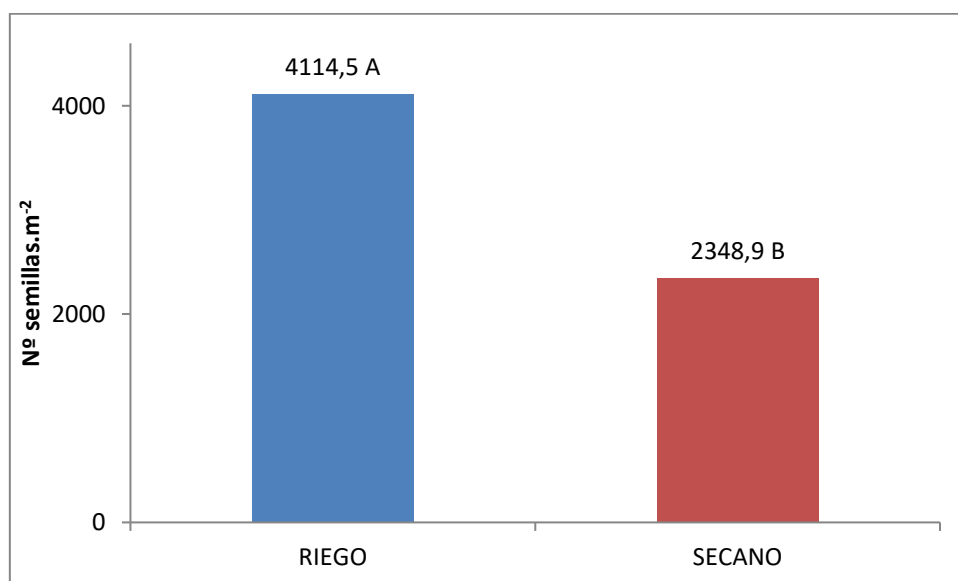


Figura 8. Número de granos m⁻² para tratamiento Riego y Secano, para el cultivo de soja (2012-2013). Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD de Fisher (5%).

En la figura 9 se muestra el peso de los 100 granos (g) para los tres GM y las dos condiciones hídricas evaluadas en este trabajo. En este caso los datos se analizan de manera conjunta ya que se detectó interacción entre ambas variables.

El peso individual de los granos tuvo diferencias significativas ($p=0,0061$) en tanto los tratamientos III y IV bajo riego fueron los que presentaron el mayor peso de 100 granos. Esto estuvo relacionado a mejores condiciones de radiación y temperatura durante el periodo de llenado de granos (R5-R7) que experimentaron estos cultivares sin limitantes hídricas severas (Cuadro 4).

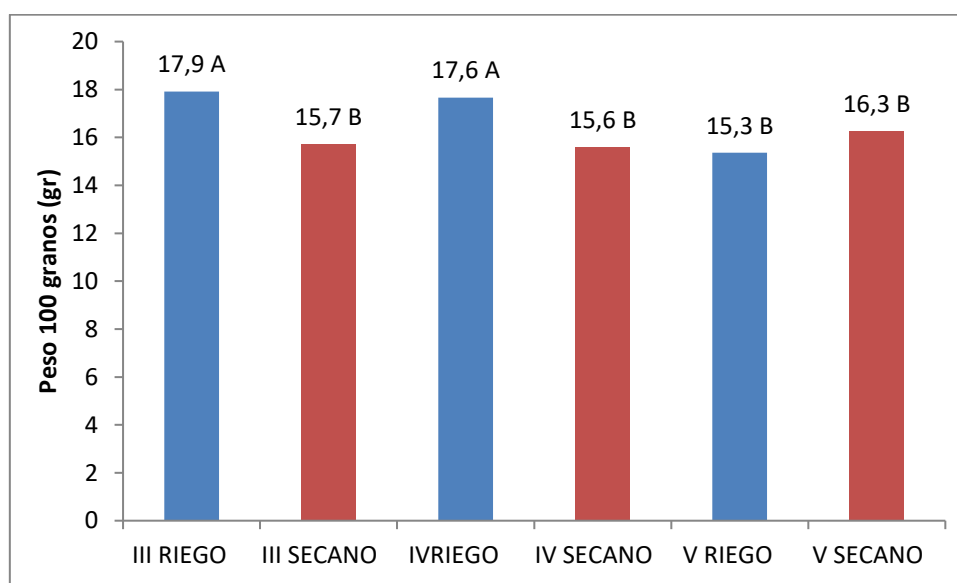


Figura 9. Peso promedio de 100 granos (g) para la interacción Grupo de madurez-Condición hídrica para el cultivo de soja (2012-2013).

La figura 10 muestra el rendimiento (kg ha^{-1}) del cultivo de soja para los grupos de madurez evaluados. Si bien las diferencias observadas no son estadísticamente significativas ($p=0,7404$), se observó que el grupo de madurez IV superó en un 9,4 % al rendimiento de los Grupos III y V. Esta diferencia se asoció al mayor número de granos por superficie (figura 8) logrados, junto al mayor peso (figura 9).

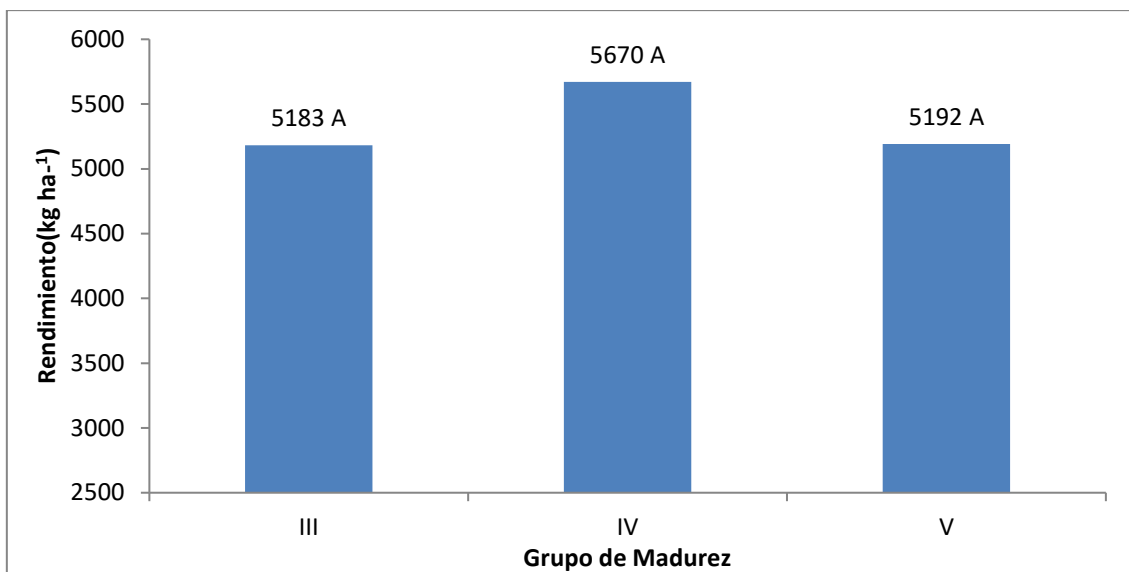


Figura 10. Rendimiento (kg ha⁻¹) para los Grupos de madurez III, IV y V, para el cultivo de soja (2012-2013).

La figura 11 muestra el rendimiento (kg ha⁻¹) obtenido para el factor condición hídrica. En el análisis estadístico se observó diferencias altamente significativas ($p = 0,0002$), así, cuando se aplicó riego se obtuvo un 87,5 % (3256 kg ha⁻¹) más de rendimiento respecto al tratamiento en seco.

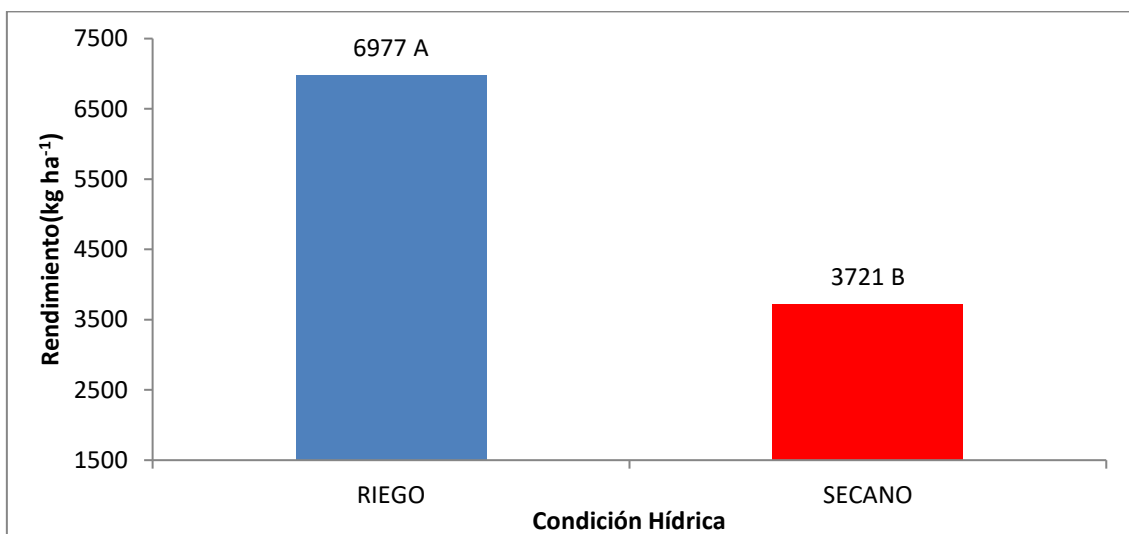


Figura 11. Rendimiento (kg ha⁻¹) en función de la condición Riego y Secano, para el cultivo de soja (2012-2013).

Los rendimientos alcanzados dependieron de las condiciones ambientales que incidieron en las etapas críticas del cultivo (cuadro 4). La aplicación de riego fue lo que determinó un mejor ambiente para la producción y acumulación de biomasa.

Estos resultados coinciden con la bibliografía, en donde se señalan mayores rendimientos en grupos de madurez más cortos respecto aquellos más largos cuando las condiciones hídricas y nutricionales son las adecuadas, mientras que lo inverso ocurre cuando existen limitaciones ambientales como es un estrés hídrico (Pérez *et al.*, 2013; Kantolic *et al.*, 2013; Ponso, 2015).

Relaciones entre la TCC y los componentes directos del rendimiento

El análisis de las relaciones entre la TCC y los componentes del rendimiento (número de granos y el peso individual de los mismos) se observan en las siguientes figuras.

Al contrario de lo esperado no se encontró una tendencia positiva y estadísticamente significativa entre la TCC en la etapa R1-R5 y el número de granos por unidad de superficie (figura 12) y en la etapa R5-R7 y el peso de 100 granos (figura 13). Ponso (2015), no encontró relación ni diferencias entre los cultivares de GM III y V bajo riego en el número de granos por superficie y la TCC en la etapa R1-R5, mientras que sí hubo relación ($R^2=0,875$) entre la TCC en la etapa R5-R7 y el peso individual de los granos.

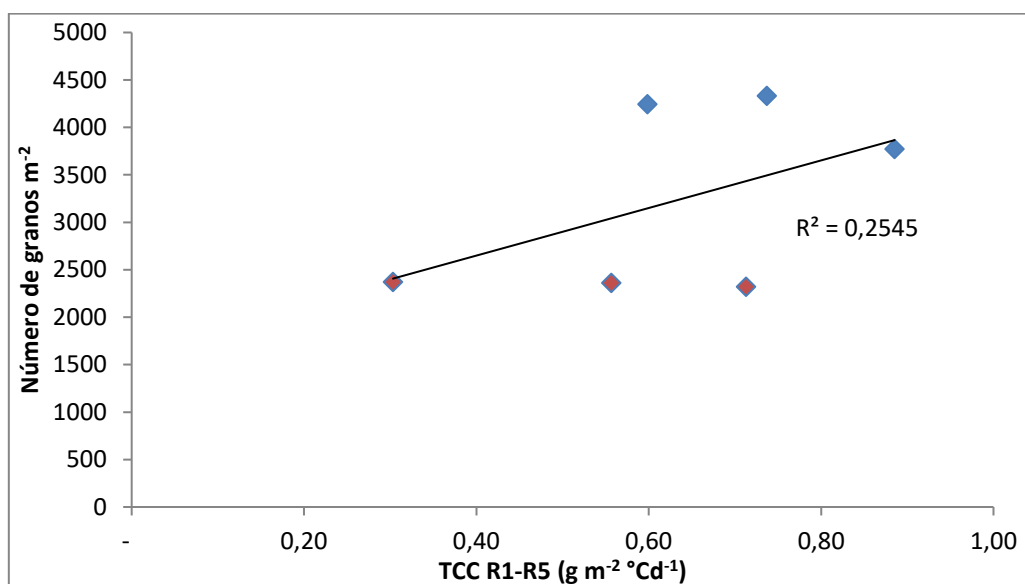


Figura 12. Relación entre la TCC ($\text{g m}^{-2} \text{°Cd}^{-1}$) durante la etapa de R1-R5 y el número de granos fijados por unidad de superficie para los diferentes GM de soja en condición Riego (símbolos azules) y Secano (símbolos rojos).

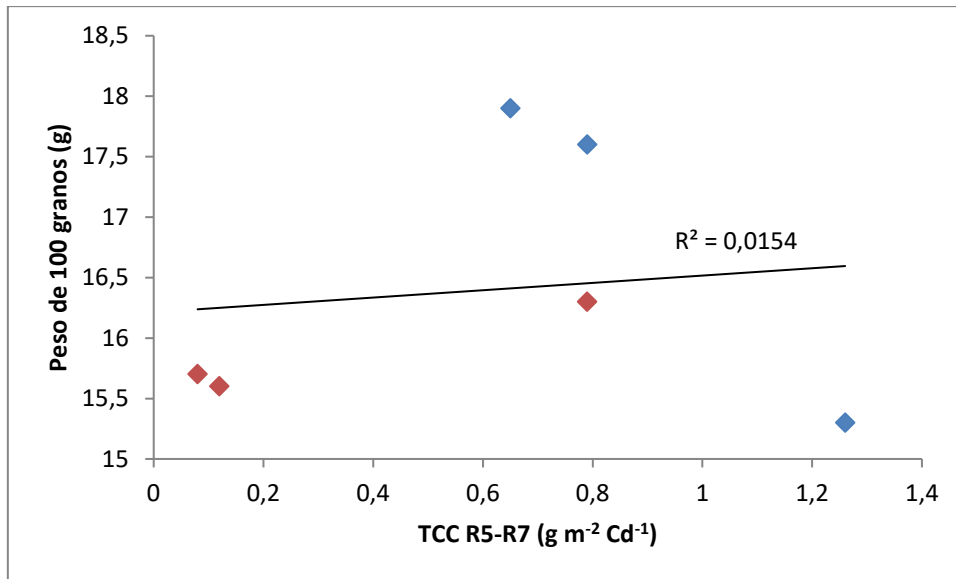


Figura 13. Relación entre la TCC ($\text{g m}^{-2} \text{ °Cd}^{-1}$) durante la etapa de R5-R7 y el peso individual de granos (g) para los diferentes GM de soja en condición Riego (símbolos azules) y Secano (símbolos rojos).

En ambas figuras se puede observar que las principales diferencias se dan entre las condiciones hídricas a las que se expusieron los cultivares de soja. Esta respuesta indica que para las condiciones en las que se realizó el ensayo experimental el agua fue un factor limitante del rendimiento de importancia en la producción del cultivo de soja.

CONCLUSIONES

El desarrollo del cultivo, es decir su fenología, no se vio modificado por la condición hídrica. Las mayores diferencias se dieron entre los GM III y V, mientras que el GM IV presentó un comportamiento intermedio. Estas diferencias en la fenología del cultivo hicieron que los diferentes GM estuviesen expuestos a diferentes condiciones de radiación y temperatura en los periodos de crecimiento vegetativo (S-R1), formación de vainas y granos (R1-R5) y llenado de esos granos (R5-R7). A su vez, la práctica de riego hizo que los cultivares experimentaran diferentes periodos de estrés hídrico durante su ciclo de crecimiento.

Tanto la producción de biomasa total aérea como el rendimiento final en granos alcanzado por los GM presentaron una importante respuesta al factor riego, que fue del 87 % superior a la condición de secano.

Las tasas de crecimiento del cultivo TCC se correspondieron a las condiciones ambientales a las que se expusieron los cultivares ya sea por su longitud de ciclo como por la aplicación de riego complementario. Es decir, las mayores TCC se dieron en condiciones de mayor radiación incidente y temperaturas adecuadas cuando el agua no era un factor limitante (bajo riego) mientras que para condiciones de secano la mayor TCC estuvo relacionada a momentos donde el estrés hídrico no era tan severo. A diferencia de lo esperado, las relaciones entre la TCC y los componentes del rendimiento (Numero de Granos y Peso del Grano) no mostraron una tendencia significativa para sus respectivas etapas de definición.

Estas respuestas diferenciales encontradas en este trabajo pueden ser explicadas por el hecho de que el periodo crítico de los grupos más cortos coincidió con un ambiente de mayor oferta de radiación solar permitiendo elevados porcentajes de intercepción y acumulación de radiación en condiciones de riego complementario. Mientras que fueron estos grupos los que menor rendimiento presentaron en las condiciones de secano, ya que el periodo crítico de éstos quedó expuesto a condiciones estresantes dadas por una alta demanda atmosférica y la falta de capacidad de aporte de agua por parte del suelo.

Estos resultados son de importancia como base en prácticas de manejo agronómico en la región como lo es la elección de cultivares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. H. y V.O. SADRAS. 2002. Crecimiento y rendimiento comparados. En: *Bases para el manejo de maíz, el girasol y la soja*. U.I. INTA Balcarce- Fac. Ciencias Agrarias UNMP. Primera Edición. Cap.3. p: 61-96.
- BAIGORRI, H.E.J. 2004. Criterios para la selección y el manejo de cultivares de soja. En Manual práctico para la producción de soja. Diaz-Zorita y Duarte Eds. Hemisferio Sur Ediciones. 39-78 p.
- BUYATTI, L.; y M.A.SOSA. 2006. *Evaluación de materia seca de biomasa total de soja, según fecha de siembra y grupo de madurez, en los estadíos fenológicos R5 y R6*. Resumen A-049. INTA Reconquista.Consultado:03/05/15.
- CANFALONE, A.; Y. VILLACAMPA, M. CORTÉS y M. NAVARRO. 2002. Crecimiento de soja en función de la temperatura del aire y la radiación fotosintéticamente activa. *Revista Brasileira. Agrociência*, v. 8, n. 3, pp. 185-189.
- DI RIENZO, J. A., F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZÁLEZ, M. TABLADA y C. W. ROBLEDO. InfoStat version 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- DIAZ ZORITA, M.; G.A. DUARTE. 2004. Elementos centrales de la Ecofisiología de Soja. Cap. 1, En: *Manual Práctico para la producción de soja*. Ed. Hemisferio Sur. p: 19- 38.
- FEHR, W., CAVINESS, C., BURMNOOD, D. y PENNINGTON J., 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Sci.* 11: 929-931.
- GIORDA, L. M y H. E. J. BAIGORRI. 1997. *El cultivo de la soja en Argentina*. Ed. INTA. EEA Marcos Juárez- EEA Manfredi.448p.
- KANTOLIC, A.; E. DE LA FUENTE; P. GIMÉNEZ; 2013. Soja -productores de aceite. En: E. DE LA FUENTE, A. GIL, A. KANTOLIC, M. PÉREZ PEREIRA, E. PLOCHUK, P. GIMÉNEZ, N. GÓMEZ, A. LENARDIS, D. SORLINO, M. VILARIÑO, D. WASSNER, L. WINDAUER. *Cultivos industriales*. Editorial Facultad de Agronomía, UBA Buenos Aires, 3° edición 2013-ISBN: 978-987-29338-1-4. Sección 2- cap.2.2 p: 117-165.
- KANTOLIC, A. G; P. I GIMENEZ y E. B de la FUENTE. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y la generación del rendimiento y la calidad de la soja. En: SATORRE, E. H; R. L BENECH A; G. A SLAFER; E. B de la FUENTE; D. J MIRALLES; M. E OTEGUI y R. SAVIN. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Primera Edición. Cap.9. p: 167-195.
- MANSO, M. L.; H. J. FORJAN.; Z. LÓPEZ. 2011. *Comportamiento de cultivares de soja bajo riego en el centro sur bonaerense*. MERCOSOJA 2011. Rosario, Santa Fe, Argentina.

- MARTÍNEZ ÁLVAREZ, D. 2012. Historia de la Soja en Argentina: Introducción y Adopción del Cultivo. En: BAIGORRI, H.; L. S. NAVARRO. *El Cultivo de Soja en Argentina*. Capítulo 1. Editorial: Agroeditorial. p: 11-32.
- MENEGHELLLO M. 2006. Comportamiento de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) GM VI en dos fechas de siembra. Tesis Final de Grado FAV - UNRC. 41 p.
- PASTORE, M. 2014. *Efecto de las Condiciones Hídricas Sobre la Eficiencia de Uso de la Radiación en Diferentes Grupos de Madurez de Soja*. TFG. Facultad Agronomía y Veterinaria, UNRC. 42 p.
- PÉREZ M., A. LARDONE Y C. JUSTO. 2013. *Comportamiento de cultivares de soja campaña 2012-13* Memoria técnica. General Villegas: Ediciones INTA.
- PÉREZ, L., M. PÉREZ Y C. SCIANCA. 2011 Efecto de la fecha de siembra sobre cultivares de soja Campaña 2010/11. Memoria técnica 2010-2011. General Villegas: Ediciones INTA
- PONSO D. A. 2015. Comportamiento fenológico y rendimiento de cultivares de soja GM III y V bajo riego en Río Cuarto, Córdoba. Tesis Final de Grado FAV - UNRC. 35 p.
- SALADO NAVARRO, L. 2012. Ecofisiología de Soja. En: BAIGORRI, H.; L. NAVARRO. *El Cultivo de Soja en Argentina*. Capítulo 4. Editorial: Agroeditorial. p: 83-87.
- SALVAGIOTTI, F.; J. M. ENRICO, M. L. BODERO y S. BACIGALUPPO. 2010. Producción de soja y uso eficiente de los recursos. Para mejorar la producción N° 45. EEA INTA Oliveros, pp 151-153.
- SCHEURER M. S. 2015. Eficiencia en el uso del agua en Soja de diferentes grupos de madurez bajo riego. Tesis Final de Grado FAV - UNRC. 31 p.
- SEILER, R. A., FABRICUIS, R., ROTONDO, V. y VINOCUR, M. 1995. Agroclimatología de Río Cuarto- 1974/1993- Vol. I. 1, UNRC. 68 p.
- SIIA. 2016. Estimaciones agrícolas – Oleaginosas –Soja. En: <http://www.sii.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura> . Consultado: 20-08-2016.