



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

“Trabajo Final presentado
para optar al Grado de Ingeniera Agrónoma”

**EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE SOJA DE LOS GRUPOS DE
MADUREZ III AL VI EN CONDICIONES DE SECANO EN RÍO
CUARTO, CÓRDOBA (ARGENTINA)**

Autora: Piatti, Daniela del Rosario

DNI: 33.199.191

Director: Oscar Giayetto

Río Cuarto – Córdoba

Septiembre 2017

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **Evaluación de cultivares de soja de los grupos de madurez III al VI en condiciones de secano en Río Cuarto, Córdoba (Argentina)**

Autora: **Daniela del Rosario Piatti**

Director: **Oscar Giayetto**

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

Ing. Agr. Guillermo Cerioni -----

Ing. Agr. Guillermo Peiretti -----

Ing. Agr. Oscar Giayetto -----

Fecha de Presentación: / / .

Aprobado por la secretaría Académica: / / .

Secretaría Académica

AGRADECIMIENTOS

A mis padres que con gran esfuerzo me dieron la posibilidad de estudiar y porque siempre están a mi lado apoyándome

A Mirtha y su familia por acompañarme, aconsejarme y permitirme vivir hermosos momentos juntos

A mi director Oscar Giayetto y a todos los integrantes de la cátedra de cultivos oleaginosos por brindarme sus conocimientos y apoyo para la realización de esta tesis

A Belén Rosso por todo lo que me ayudó y enseñó durante este tiempo compartido

A Julia, mi hermana de la vida, por estar en los buenos y los no tan buenos momentos de mi vida

A todas aquellas personas que estuvieron a mi lado durante todos estos años

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Certificado de aprobación.....	II
Agradecimientos.....	III
Índice general.....	IV
Índice de cuadros.....	V
Índice de figuras.....	VI
Abreviaturas.....	VII
Resumen.....	VIII
Summary.....	IX
Introducción.....	10
Antecedentes.....	12
Objetivos.....	14
Materiales y Métodos.....	15
Resultados	17
<i>Condiciones meteorológicas generales del estudio.....</i>	17
<i>Desarrollo</i>	19
<i>Condiciones meteorológicas prevalecientes en cada etapa fenológica.....</i>	21
<i>Crecimiento (Biomasa aérea total y particionada, Tasa de crecimiento).....</i>	26
<i>Componentes morfológicos.....</i>	29
<i>Componentes directos del rendimiento en granos.....</i>	32
<i>Relación entre los componentes del rendimiento y las condiciones climáticas....</i>	34
Conclusiones.....	35
Bibliografía.....	36

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1: Condiciones meteorológicas de la etapa vegetativa S-R1.....	22
Cuadro N°2: Condiciones meteorológicas de la etapa reproductiva R1-R3.....	22
Cuadro N°3: Condiciones meteorológicas de la etapa reproductiva R3-R5.....	23
Cuadro N°4: Condiciones meteorológicas de la etapa reproductiva R5-R7.....	24
Cuadro N°5: Condición meteorológicas de la etapa reproductiva R7-R8.....	24
Cuadro N°6: Biomasa aérea total acumulada y particionada por órganos en fases vegetativas y reproductivas de los GM evaluados (g m^{-2}).....	27
Cuadro N°7: Tasa de crecimiento de los distintos GM en las etapas vegetativas y reproductivas ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	28
Cuadro N°8: Síntesis de los componentes morfológicos evaluados en R8.....	29
Cuadro N°9: Componentes directos y rendimiento en granos de los cultivares evaluados.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1: Radiación fotosintéticamente activa incidente durante el ciclo e histórica (Mj.m ² .d).....	17
Figura N°2: Temperatura media, máxima y mínima para el ciclo del cultivo e histórica (°C).....	18
Figura N°3: Valores decádicos de precipitaciones de la campaña y media histórica, evapotranspiración potencial y déficit hídrico para la campaña (mm).....	19
Figura N°4: Duración de las etapas fenológicas para los distintos GM evaluados.....	20
Figura N°5: Contribución relativa de vainas con una, dos y tres semillas al número total de semillas por planta para los GM evaluados.....	31
Figura N°6: Relación entre los componentes directos del rendimiento y las condiciones climáticas durante las etapas de su determinación.....	34

ABREVIATURAS

- BAT:** BIOMASA AEREA TOTAL
- DDS:** DIAS DESDE SIEMBRA
- DH:** DÉFICIT HÍDRICO
- EF:** ETAPA/PERIODO FENOLÓGICO
- ETO:** EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL
- GM:** GRUPO DE MADUREZ
- H:** ALTURA
- NG:** NÚMERO DE GRANOS
- N° PL:** NUMERO DE PLANTAS
- NR TALLO:** N° DE NUDOS REPRODUCTIVOS EN TALLO
- NR RAMAS:** N° DE NUDOS REPRODUCTIVOS EN RAMAS
- NR:** NÚMERO DE RAMAS
- NT:** NÚMERO DE NUDOS TOTALES EN EL TALLO PRINCIPAL
- PG:** PESO DE GRANOS
- PP:** PRECIPITACIÓN
- TCC:** TASA DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO
- T_m:** TEMPERATURA MEDIA
- TMáx:** TEMPERATURA MAXIMA
- TMín:** TEMPERATURA MINIMA
- TT:** TIEMPO TÉRMICO ($T_b = 6^\circ\text{C}$)
- RFA_i:** RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA INCIDENTE
- RFA_{iac}:** ACUMULADA POR PERIODO
- VTP:** NÚMERO DE VAINAS EN TALLO PRINCIPAL
- VR:** NÚMERO DE VAINAS EN RAMAS
- VT:** VAINAS TOTALES

EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE SOJA DE LOS GRUPOS DE MADUREZ III AL VI EN CONDICIONES DE SECANO EN RÍO CUARTO, CÓRDOBA (ARGENTINA)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de genotipos de soja de diferentes grupos de madurez en la zona de Río Cuarto. El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria- UNRC, sobre un suelo Haplustol típico de textura franca arenosa fina, bajo condiciones de secano. El diseño fue completamente aleatorizado.

Las variedades de soja de los distintos grupos de madurez (GM) utilizadas fueron: TJ 2137 (GM 3.7), NA 4413RG (GM 4.4), NA 4990RG (GM 4.9), NA 5009 (GM 5.1), TJ EXP 2255R (GM 5.5) y NA 6002 (GM 6). La siembra se realizó el 06 y 08/11/2012 con una sembradora neumática de 9 surcos a 0.52 m de espaciamiento entre surcos y una densidad de 30 pl/m lineal.

El estudio de la fenología arroja diferencias a partir del estado R1, alargándose el ciclo total a medida que aumenta el GM, con duraciones de 134 días (2051°Cd) en el GM 3.7 a 162 días (2387°Cd) en el GM 6. Se presentan diferencias estadísticas para la biomasa aérea total (BAT) desde los estados vegetativos hasta R7 y en la etapa fenológica R8 se obtuvieron valores de biomasa más altos para el GM 5.1 (632,9 g.m⁻²) y más bajos para el GM 6 (557,9 g.m⁻²). En cuanto a la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), en la etapa R1-R5 se dieron los mayores contrastes ya que se produjeron tasas de 18.75 g.m⁻² en el GM 3.7 pasando por 10.7 g.m⁻² en promedio para los GM intermedios hasta 4.31 y 6.63 g.m⁻² en los GM 5.5 y 6. Por último el rendimiento promedio fue de 2130 kg/ha, con el mayor resultado para el GM 3.7 (2244 Kg/ha); con respecto a los componentes directos del rendimiento no se encontraron diferencias estadísticas para el número de granos (NG) pero sí para el peso de granos (PG) a favor del GM 6. La relación de la TCC con los componentes directos del rendimiento no mostró significancia estadística.

Palabras claves: *Glycine max*, Grupo de madurez, Fenología, Biomasa, Tasa de crecimiento, Rendimiento

EVALUATION OF SOYBEAN CULTIVARS FROM MATURE GROUP III TO VI IN DRY CONDITIONS IN RIO CUARTO, CÓRDOBA (ARGENTINA)

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the agronomic behavior of soybean genotypes from different maturity groups in the Río Cuarto area. The experiment was carried out in the Experimental Field of the Faculty of Agronomy and Veterinary - UNRC, on a typical Haplustol soil of fine sandy texture, under dry conditions. The design was completely randomized.

The soybean varieties of the different GMs used were: TJ 2137 (GM 3.7), NA 4413RG (GM 4.4), NA 4990RG (GM 4.9), NA 5009 (GM 5.1), TJ EXP 2255R (GM 5.5) and NA 6002 GM 6). Sowing was performed on 06 and 08/11/2012 with a pneumatic seeder of 9 rows at 0.52 m spacing between rows and a density of 30 pl / m linear.

The phenology study reveals differences from the R1 state, extending the total cycle as the GM increases, with durations of 134 days (2051 ° C) in the GM 3.7 to 162 days (2387 ° C) in GM 6. Statistical differences for total aerial biomass (BAT) from vegetative states to R7 and at the phenological stage R8, biomass values were higher for GM 5.1 (632.9 gm-2) and lower for GM 6 (557.9 gm-2). As for the crop growth rate (TCC), in the R1-R5 stage the greatest contrasts occurred, since rates of 18.75 gm-2 were observed in the GM 3.7 and in 10.7 gm-2 on average for intermediate GMs up to 4.31 and 6.63 gm-2 in GM 5.5 and 6. Finally the average yield was 2130 kg / ha, with the highest result for GM 3.7 (2244 kg / ha); With respect to the direct components of yield no statistical differences were found for the number of grains (NG) but for grain weight (PG) in favor of GM 6. The relationship of TCC with the direct components of yield did not show Statistical significance.

Key words: *Glycine max*, Maturity group, Phenology, Biomass, Growth rate, Yield

INTRODUCCIÓN

La soja pertenece a la familia *Fabaceae*, subfamilia *Papilionoideas* y su forma cultivada es *Glycine max* (L) Merrill (Hymowitz y Shurtleff, 2005 citado por De la Fuente *et al.*, 2006). En general, se acepta que es originaria del este de Asia, especialmente de las regiones norte y central de China. De allí fue llevada a otros países de oriente e introducida en Europa entre los siglos XVIII y XIX. En Argentina, si bien existen referencias anteriores, recién en la década del '70 comenzó a expandirse como cultivo. En la actualidad se encuentra distribuida en todo el mundo, siendo un cultivo de importancia en los países donde las temperaturas permiten su crecimiento y es la oleaginosa de mayor producción y consumo (Wilcox, 2004 citado por Kantolic *et al.*, 2006).

En la campaña 2014/15 se cosecharon 19.334.915 ha a nivel nacional, con una producción total de 61.398.272 toneladas. Por su parte, la provincia de Córdoba registró, para el mismo ciclo, una producción total de 18.619.067 toneladas, de las cuales 2.347.373 toneladas fueron producidas en el departamento Río Cuarto, con un rendimiento promedio de 2.829 kg/ha (SIIA, 2016).

Esta especie tiene respuesta fotoperiódica, alta plasticidad reproductiva y semillas con elevado contenido de proteína y aceite; características fisiológicas que diferencian a la soja del resto de los cultivos más difundidos, condicionando su manejo y utilización (Baigorri y Giorda, 1997).

La posibilidad del cultivo de capturar los recursos disponibles (nutrientes, agua y radiación), sumado a los cambios de temperatura y a los factores genéticos, de manejo y las interacciones posibles entre ellos, van a influenciar la producción de biomasa y el rendimiento de semillas. En la mayoría de los casos, el efecto del ambiente explica las variaciones en el rendimiento (Salvagiotti *et al.*, 2010). Por lo tanto, determinar correctamente el comienzo, el final, y la duración de cada fase fenológica es clave para relacionar al cultivo con su ambiente (Seiler *et al.*, 1995).

A lo largo del ciclo del cultivo se diferencian etapas vegetativas donde aparecen y se expanden hojas y entrenudos, y etapas reproductivas donde aparecen y crecen flores, frutos y semillas (Kantolic *et al.*, 2006); pero el crecimiento vegetativo continúa conjuntamente con las etapas reproductivas (Baigorri y Giorda, 1997).

Para la descripción de los principales estadios fenológicos de la soja, la escala desarrollada por Fehr y Caviness (1977) es, según Kantolic *et al.* (2003), la más utilizada. Esta escala trabaja con una descripción de la morfología de la planta, sin importar el cultivar utilizado ni las condiciones de cultivo, y considera los cambios ocurridos en el 50% de las plantas (Kantolic *et al.*, 2003). En un cultivo anual los estadios más relevantes son siembra, emergencia, iniciación floral, antesis, madurez fisiológica y madurez de cosecha (Sadras *et al.*, 2002). Sin embargo, no todas las etapas tienen igual importancia en la determinación del rendimiento, sino que existen algunas etapas consideradas críticas en las cuales condiciones desfavorables producirán las mayores pérdidas de rendimiento (Kantolic *et al.*, 2006). En el caso de la soja, el período crítico está comprendido entre R4 (fructificación) y R6

(máximo tamaño de semilla) etapa en la cual una reducción del número de granos no se compensa con un mayor aumento de peso de los mismos (Kantolic *et al.*, 2003). El crecimiento del cultivo sigue una curva sigmoidea, con una primera etapa de crecimiento lento, correspondiente a la determinación del área foliar (S-R1), luego le continúa una etapa de crecimiento lineal hasta R6, abarcando las etapas de floración, fructificación e inicio de llenado de granos. A partir de R6, 5 el crecimiento comienza a disminuir. La acumulación de materia seca comienza en los órganos vegetativos para después cambiar hacia vainas y semillas.

El mejoramiento genético de la soja produjo variaciones en los genotipos que se interpretan mejor asociadas a los GM, identificados entre 000 y X. Actualmente, los GM V al X son considerados determinados, aunque existen variedades indeterminadas y semideterminadas; y los GM IV e inferiores son indeterminados (Kantolic *et al.*, 2003).

En las variedades determinadas el cambio del meristema apical a reproductivo se produce casi simultáneamente con la iniciación floral, en cambio en las indeterminadas la actividad vegetativa del meristema se mantiene aún después de R1 y en las semideterminadas el cambio de ápice se demora pero termina diferenciando un racimo terminal como las variedades determinadas. Debido a estos cambios meristemáticos, en las variedades determinadas son pocos los nudos que se diferencian en el tallo principal luego de R1, mientras que en los tipos indeterminados pueden formarse más de 2/3 del total de nudos del tallo principal (Kantolic, 2008). En cultivos como la soja, en el que existen genotipos indeterminados, la mayor duración de la etapa de floración permite activar mecanismos de compensación para enfrentar condiciones de estrés transitorio. Tanto los cultivares determinados como indeterminados muestran una buena plasticidad reproductiva, pero Kantolic *et al.* (1993), citado por Sadras *et al.* (2002), encontró mayor tolerancia al estrés en los cultivares de hábito indeterminado.

La modificación de la fecha de siembra permitirá que el cultivo explore distintas situaciones ambientales, las cuales afectaran la tasa de crecimiento y desarrollo, repercutiendo en la duración del ciclo y en la capacidad de capturar radiación solar y por ende afectando el rendimiento. Siembras tempranas permiten usufructuar mejores condiciones de radiación y temperatura. Como consecuencia de esto, el cultivo tenderá a presentar mayores rendimientos potenciales (Otegui y López Pereira, 2003).

Como todo cultivo de grano, el rendimiento de la soja resulta de dos componentes numéricos parcialmente dependientes entre sí: el número de granos por unidad de área y el peso unitario que los mismos alcanzan (Kantolic *et al.*, 2003). Las principales variaciones en el rendimiento están asociadas con cambios producidos en estas variables, por lo tanto comprender que factores las modifican resulta crítico para poder maximizar el rendimiento del cultivo.

ANTECEDENTES

Estudios realizados por Buyatti *et al.* (2006), en el centro-norte santafecino, evaluaron biomasa aérea total (BAT) de distintas fechas de siembra y variedades de GM 3 a 6 en los estadios R5 y R6, y concluyeron que en las siembras de setiembre los GM 4, 5, 6 alcanzaron la mayor BAT.

En Perdices (Departamento Gualeguaychú, Entre Ríos) se realizaron ensayos con variedades de GM 4 al 6 para evaluar su comportamiento agronómico. Los resultados mostraron que la variación en el rendimiento fue explicada por la relación rendimiento/número de granos en un 83% en variedades de GM 4, un 48% en variedades de GM 5 y un 52% en variedades de GM 6. Los cultivares del GM 4 y 5 presentaron similares pesos de grano siendo superados por los cultivares del GM 6, aunque los cultivares del GM 4 obtuvieron mayor número de granos/m² (Arias *et al.*, 2012).

En una experiencia llevada a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA–Manfredi con el objetivo de evaluar cultivares de soja de los grupos de madurez 2-3 corto al 7 corto, arrojó como resultado que los cultivares de los GM 3 largo al 4 largo lograron rendimientos promedios superiores a los 5000 kg/ha, de los cuales los cultivares del GM 4 largo produjeron el mayor rendimiento. El resto de los GM evaluados presentaron rendimientos medios que variaron entre 4000 y 5000 kg/ha, siendo los cultivares del GM 7 los de menor rendimiento (Ferreira, 2015).

Del Vecchio (2014) evaluó el efecto del comportamiento fenológico de cultivares de los grupos de madurez 2 al 6 durante el ciclo del cultivo y de las características de crecimiento sobre el rendimiento y sus componentes. Sus resultados muestran que los cultivares respondieron de forma distinta respecto a la duración de las etapas fenológicas evaluadas y que el cultivar que mejor se adaptó fue NA 5509 RG (GM 5) con los valores más altos de rendimiento y peso de mil granos.

Ensayos realizados en el Campo Experimental de la FAV (UNRC), para evaluar la fenología, el crecimiento y el rendimiento de dos cultivares de soja (GM 3 y 5) cultivados bajo riego, mostraron que a partir de R3 la duración de las etapas fenológicas del cultivar del GM 5 fue mayor que la del cultivar del GM 3, debido a sus características genotípicas. Además el GM 5 produjo más BAT a partir de R1 con respecto al cultivar del GM 3. Este último, tuvo una TCC superior al GM 5 en el periodo R5-R7 que posibilitó un mayor rendimiento de granos (Ponso, 2015). En este mismo sitio experimental, Pastore (2014) encontró que el GM 4 superó en un 9,4 % el rendimiento de los grupos 3 y 5 y que los máximos valores de biomasa aérea en R7 fueron 692, 871 y 848 g m⁻² para los GM 3, 4 y 5, respectivamente.

Pérez y Lardone (2014) en Drabbe (provincia de Bs. As.) evaluó en siembra de primera, el rendimiento y sus componentes, la fenología y las características agronómicas de cultivares

comerciales de los GM 2, 3, 4 y 5 corto. Los mayores rendimientos se obtuvieron en los GM 3 largo, 4 y 5 corto; con un valor de 2435 g/m² en promedio y un peso de 174 g los mil granos en todos los GM.

En el Campo Experimental de Soja de INTA-EEA Concepción del Uruguay, ubicado en Villa Mantero (Entre Ríos), se evaluaron 14 cultivares de soja resistentes a glifosato, de los GM 3 al 8 en tres fechas de siembra. En la siembra de noviembre la duración promedio del ciclo total fue de 134 días, con un rendimiento medio de 3592 kg/ha. El cultivar DM 3700 (GM 3 largo) fue el de mayor PMG y menor NG (De Battista *et al*, 2010).

Dalziotto *et al* (2011) estudió la relación entre fecha de siembra y materiales genéticos de soja correspondientes a diferentes GM. Concluyeron que el máximo rendimiento en la fecha de siembra de noviembre se logró con el GM 4 largo (SRM 4901) y que el GM 5 corto (SRM 5001) fue el más estable en las distintas fechas de siembra.

En base a lo expuesto, se considera relevante realizar en nuestra región un estudio del comportamiento de diferentes cultivares de soja para conocer sus respuestas fenológicas y cuantificar el crecimiento y los componentes del rendimiento, generando información agronómica como base para el diseño de prácticas de manejo de este cultivo.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar el comportamiento fenológico, crecimiento, rendimiento de granos y sus componentes de cultivares de soja de distintos grupos de madurez en la zona de Río Cuarto.

Objetivos Específicos:

- Adquirir práctica en el uso de la clave fenológica de soja para identificar los eventos del desarrollo y cuantificar la duración de las etapas y sus variaciones expresadas en tiempo térmico y cronológico.
- Cuantificar el crecimiento acumulado (BAT) y la TCC y relacionarlos con la duración y momento de ocurrencia de las etapas fenológicas y sus efectos en el rendimiento de granos.
- Evaluar el rendimiento y sus componentes, directos e indirectos, y relacionarlo con las condiciones climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) (33° 06' LS; 64° 17' LW y 421 msnm), en un suelo Haplustol típico de textura franca arenosa fina, profundo y con buen drenaje. El cultivo antecesor fue maíz ciclo 2011/12. Los tratamientos (cultivares de soja) fueron asignados a un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones.

En la primera quincena de noviembre de 2012 se sembraron parcelas con distintos cultivares de soja en condiciones de secano. Los materiales fueron variedades de distintos grupos de madurez: TJ 2137 (GM 3.7), NA 4413RG (GM 4.4), NA 4990RG (GM 4.9), NA 5009 (GM 5.1), TJ EXP 2255R (GM 5.5) y NA 6002 (GM 6.0). La siembra se realizó en forma directa con una máquina de distribución neumática de 9 surcos, distanciados a 0,52 m y con una densidad de 30 semillas/m lineal. Las parcelas experimentales tuvieron 4,70 m de ancho y 10 m de largo. Previo a la siembra y después de establecido del cultivo, se realizaron controles de malezas, insectos y enfermedades, para mantener al cultivo en condiciones sanitarias adecuadas utilizando productos de baja toxicidad según la legislación provincial vigente.

Determinaciones realizadas:

Del cultivo:

Desarrollo: se registró la fecha de ocurrencia y duración de las principales etapas fenológicas (desde emergencia hasta madurez de cosecha) en cada uno de los cultivares, utilizando la clave fenológica desarrollada por Fehr y Caviness (1977).

Crecimiento: se cuantificó la biomasa aérea en las etapas V6 (estado vegetativo), R1 (inicio de floración), R3 (inicio de fructificación), R5 (inicio de llenado de granos), R7 (comienzo de madurez) y R8 (madurez de cosecha). Para ello, se tomaron 3 muestras al azar de todas las plantas presentes en 0,64 m lineales de surco ($1/3 \text{ m}^2$) por tratamiento y repetición. Posteriormente, se secaron en estufa con circulación forzada de aire a 80°C hasta peso constante, registrando el peso seco de los componentes vegetativos (hojas+tallo y ramas) y reproductivos (vainas y semillas) por separado.

Rendimiento en granos y sus componentes: en la etapa R8 se tomaron 3 muestras de 1,92 m de surco (1 m^2) por tratamiento y repetición, y se midieron los siguientes parámetros: altura de la planta, N° de plantas, N° ramas/planta, N° de nudos reproductivos en tallo principal y ramas, N° de nudos totales, N° vainas/planta, N° granos/vaina y peso de 100 semillas.

A partir de los datos obtenidos:

1. Se cuantificó y analizó la biomasa aérea total, y la distribución de la materia seca en los componentes vegetativos y reproductivos durante el ciclo de cada cultivar.

2. Se graficó la ocurrencia de las etapas ontogénicas de los distintos cultivares en función del tiempo térmico ($^{\circ}\text{Cd}$).
3. Se cuantificaron y analizaron los parámetros morfológicos número de nudos reproductivos y totales, número de ramas, altura de planta, número de vainas y los componentes directos e indirectos del rendimiento de los diferentes GM.

Del clima:

Se obtuvieron datos de precipitaciones, temperaturas medias, máximas y mínimas del aire, y de radiación solar incidente, registrados en una Estación Agrometeorológica ubicada en cercanías del ensayo. Los mismos se usaron para caracterizar las condiciones meteorológicas prevalecientes durante la estación de crecimiento del cultivo.

Análisis Estadísticos

A los fines de detectar diferencias entre tratamientos (cultivares de soja), los datos se sometieron a un ANAVA y se compararon las medias (test de Fisher $\alpha \leq 0,05$) utilizando el programa estadístico INFOSTAT versión 2015 (Di Renzo *et al.*, 2015). También se calcularon relaciones entre parámetros del cultivo y variables meteorológicas con el programa Excel, versión 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones meteorológicas generales del estudio

A continuación se presentan y analizan los datos de radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAi), temperatura media (TMed), máxima (TMáx) y mínima (TMín) del aire, precipitaciones (Pp) y evapotranspiración potencial (ETO), en intervalos decádicos, registrados durante la campaña 2012/13, y de una serie histórica 1977-2006 (Río Cuarto, Córdoba).

Radiación Solar:

La RFAi del ciclo 2012/13 y los valores medios de la serie histórica para el período octubre a abril mostraron un patrón similar (Figura 1), con una media histórica y de la campaña 2012/13 de 9,8 y 11,6 $\text{Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1}$, respectivamente. Durante la campaña del estudio la radiación incidente fue, en general, superior a la histórica, con excepción de la 1ª década de diciembre/2012 y 2ª década marzo/2013 donde se registraron valores levemente inferiores a los de la serie histórica. Además, en la 3ª década de noviembre/2012 y 2ª década de febrero/2013 ambos valores fueron muy similares entre sí.

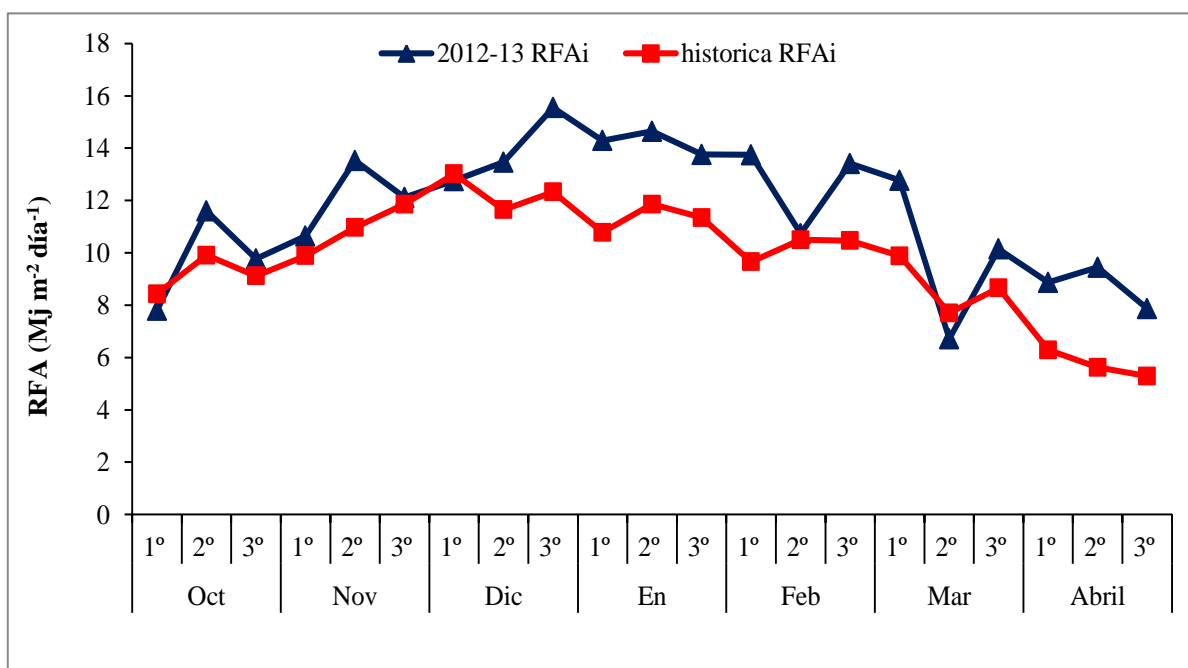


Figura 1: Valores decádicos de radiación fotosintéticamente activa incidente (RFAi) durante el ciclo 2012/13 y la serie histórica 1977-2006 de Río Cuarto (Córdoba)

Temperatura del aire:

La temperatura media del aire del periodo octubre - abril de la campaña 2012/13 y la serie histórica mencionada, pueden considerarse muy semejantes (19,9 y 19,8 °C, respectivamente) (Figura

2). Se observó, además, una disminución de la temperatura media decádica del ciclo 2012/13 con respecto a la media histórica entre la 2ª década de febrero y la 2ª década de marzo. Un comportamiento similar se registró para las temperaturas máxima y mínima medias. También se detectaron picos superiores al registro histórico de las temperaturas (máxima, mínima y media) en la 1ª década de noviembre y diciembre de 2012, y febrero de 2013. Mientras que la 3ª década de diciembre/2012, la temperatura máxima de la campaña fue inferior al valor de la serie histórica; y lo mismo ocurrió con la temperatura mínima con valores inferiores a su par histórico.

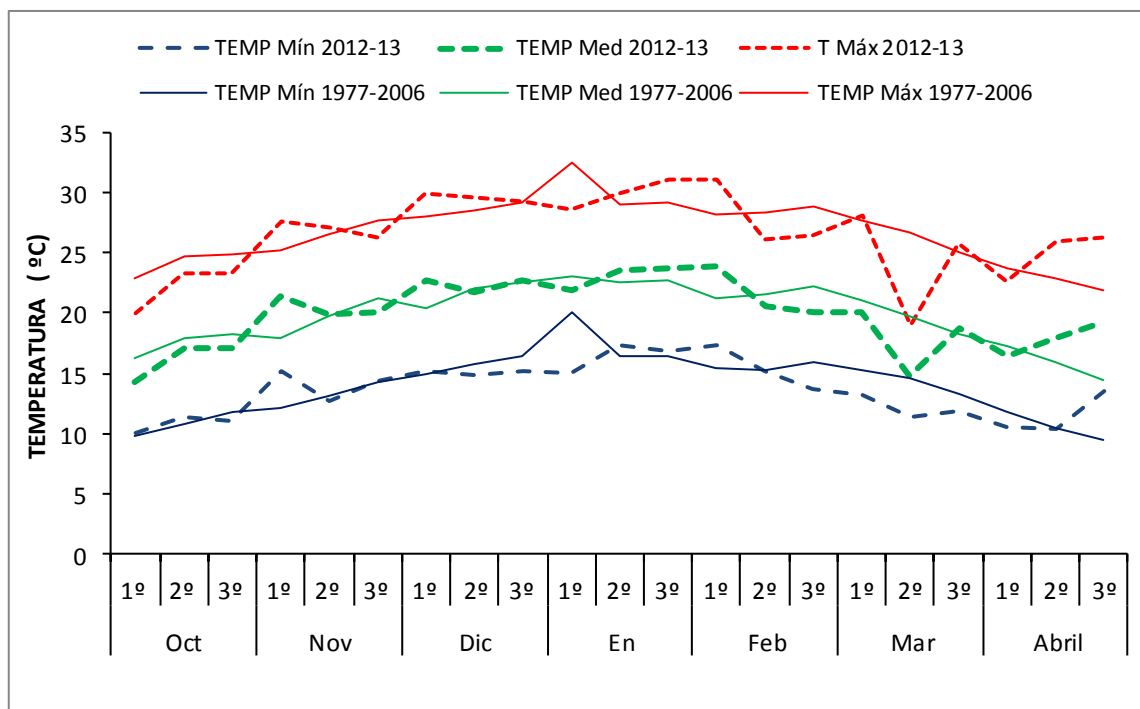


Figura 2: Valores medios decádicos de las temperaturas media, máxima y mínima durante el ciclo 2012/13 y de la serie histórica 1977-2006 de Río Cuarto (Córdoba)

Precipitaciones y evapotranspiración:

En la figura 3 se muestran las precipitaciones ocurridas en la campaña 2012/13, que fueron notablemente superiores a los valores de la serie histórica en las décadas 1ª y 2ª de octubre, 3ª de noviembre y 2ª de diciembre, febrero y marzo. Contrariamente, durante las décadas 1ª y 3ª de diciembre, 1ª, 2ª y 3ª de enero, 1ª y 3ª de febrero y marzo y las tres de abril, las lluvias fueron inferiores a las datos históricos, coincidiendo con los momentos de mayor demanda atmosférica (evapotranspiración potencial).

La precipitación acumulada para el período noviembre-abril fue de 547 mm con una evapotranspiración potencial acumulada de 944 mm, lo que determinó un déficit hidrológico acumulado de 397 mm.

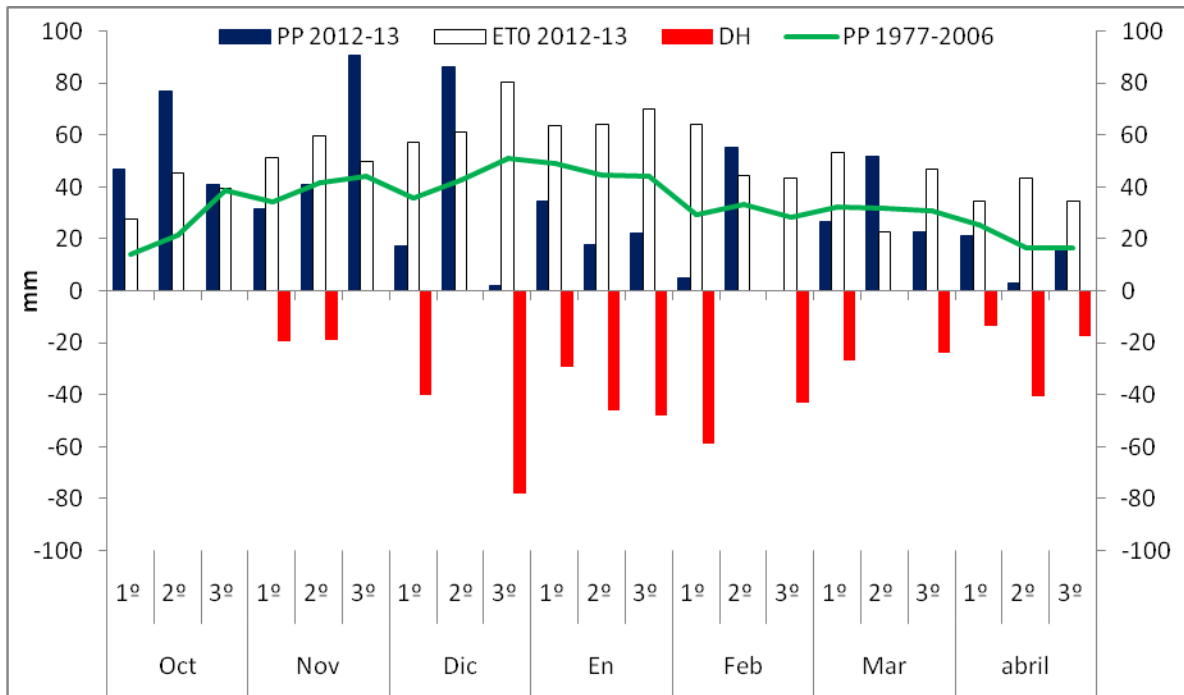


Figura 3: Valores decádicos de precipitación, evapotranspiración potencial y déficit hidrológico (DH=PP-ETO) de la campaña 2012/13, y de lluvias para la serie histórica 1977-2006 de Río Cuarto (Córdoba)

Desarrollo

La fenología es el estudio y la explicación de los cambios producidos en el desarrollo y crecimiento de un cultivo influenciado por el clima (Pascale y Damario, 2004). En tal sentido, la figura 4 muestra la duración comparada de las etapas fenológicas de los cultivares expresada en grados día ($^{\circ}\text{Cd}$) sobre una $T_b = 6^{\circ}\text{C}$.

La siembra se realizó entre el 6 y 8 de noviembre de 2012 y la etapa siembra-emergencia (S-E) tuvo una duración similar entre todos los GM, variando entre 11 y 13 días, los que se correspondieron con una suma térmica de 161 y 201°Cd , respectivamente, y un valor de 181°Cd en promedio de los 6 cultivares.

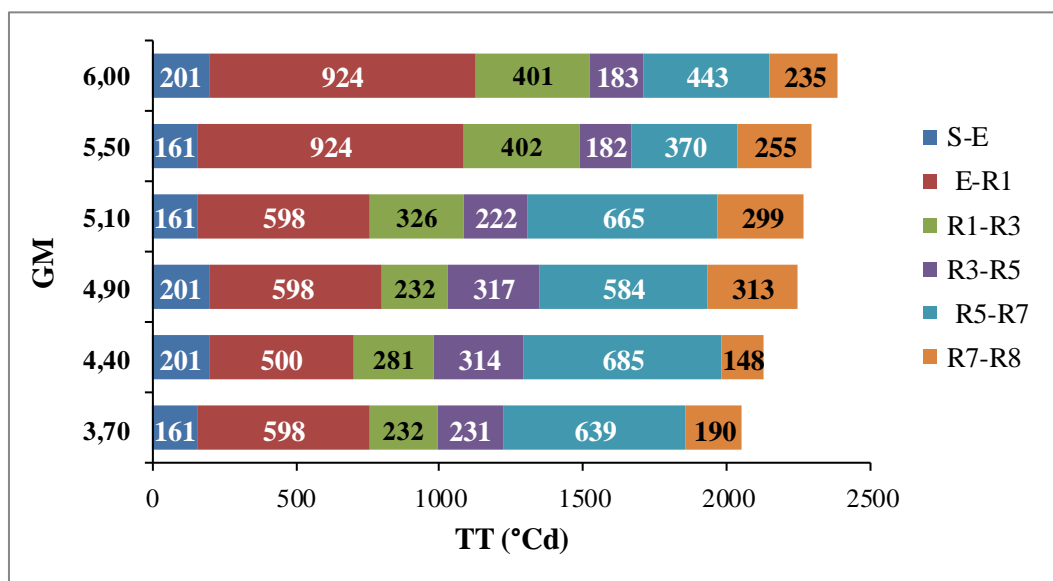


Figura 4: Duración de las etapas fenológicas de los diferentes grupos de madurez (GM) expresada en °Cd ($T_b=6^{\circ}\text{C}$).

La suma térmica de la etapa E-R1 (emergencia- inicio de floración) varió en un rango de 500 a 598 °Cd para los cuatro cultivares de los GM 3.7 al 5.1, con una duración promedio de 574 °Cd. Mientras que la duración de esa etapa en los GM 5.5 y 6.0 fue superior (924 °Cd) e igual en ambos cultivares.

La etapa R1-R3 (inicio de floración-inicio formación de vainas) mostró un patrón similar al descrito para la etapa anterior. Así, los GM 3.7 al 4.9 tuvieron una duración media de 248 °Cd (entre 232 y 281 °Cd) y el GM 5.1 una duración algo mayor (326 °Cd). Los dos GM más largos (5.5 y 6.0) mostraron nuevamente una duración similar entre ellos (402 y 401 °Cd, respectivamente) y superior a los otros genotipos.

La duración de la etapa R3-R5 (inicio formación de vainas-inicio formación de semillas) fue la de menor duración en todos los GM analizados. Varió entre 182 (GM 5.5) y 317 °Cd (GM 4.9), con valores intermedios para los cuatro GM restantes. Desde la siembra hasta la fase R5, el cultivo de soja acumuló entre 1222 (GM 3.7) y 1709 (GM 6.0) °Cd, reflejando las diferencias debidas a la duración del ciclo de cada genotipo.

La etapa R5-R7 (inicio formación de semilla-primer fruto maduro) acumuló 370 y 443 °Cd en los GM 5.5 y 6.0, respectivamente. El resto de los cultivares acumularon en promedio 643 °Cd (584-685 °Cd). Hasta la fase R7, el cultivo acumuló una suma térmica entre 1861 (GM 3.7) y 2152 (GM 6.0) °Cd, mostrando una clara tendencia lineal al incremento con cada aumento del ciclo de los cultivares (valor de la pendiente 47,7 °Cd, $R^2=0,81$).

Finalmente, el tiempo térmico de la etapa final del ciclo R7-R8 (primer fruto maduro-madurez de cosecha) varió entre 148 y 313 °Cd, con un promedio de 240 °Cd y sin grandes variaciones entre cultivares.

Los resultados encontrados por Pérez (2014) en la evaluación de cultivares de GM 3 al 5 (TJ 2137, NA 4990, NA 5009) realizada en Buenos Aires, coinciden en parte con los encontrados en este trabajo ya que para los GM 3 y 4 la duración del ciclo (E-R7) fue de 116 y 120 días, mostrando diferencias con el GM 5.1, cuyo ciclo duró 133 días. En ese mismo ensayo se encontró que la duración de las etapas R1-R5 y R5-R7 fue, en promedio, de 36 y 41 días, respectivamente. En Río Cuarto, la duración de esas mismas etapas fue de 32 y 39 días y el período E-R7 fue de 117 (GM 3.7) a 125 (GM 5.1) días a diferencia de los GM 5.5 y 6.0 con 133 y 141 días.

Por otro lado, Dalzotto *et al.*, (2011), en el ensayo realizado en Pergamino (campaña 2010/11) con GM similares a los de este estudio (SRM 3807, SRM 4901, SRM 5001, SRM 5500, SRM 6001), encontraron duraciones de ciclo similares a las halladas aquí y diferencias de 25 días para el ciclo completo entre los GM 3 y 6.

El ambiente de producción condiciona el crecimiento y rendimiento de los cultivos. Por ello, la caracterización de los factores determinantes de la productividad resulta necesaria para identificar con precisión los GM y el manejo de los mismos que permitirán alcanzar los mayores rendimientos en cada ambiente (García *et al.*, 2009). En este sentido, los cuadros 1, 2, 3, 4 y 5 sintetizan, para la etapa vegetativa (S-R1) y las etapas reproductivas (R1-R3, R3-R5, R5-R7 y R7-R8) de los materiales evaluados, las condiciones meteorológicas prevalecientes en cada una de ellas.

Condiciones meteorológicas prevalecientes en cada etapa fenológica

Etapa S-R1:

Durante esta etapa (Cuadro 1), se registraron en promedio 261 mm de Pp, 336 mm de ETO y un DH de -75 mm; aunque la magnitud de esta limitante varió con el cultivar. El GM 4.4 experimentó el menor DH (-18 mm), mientras que el GM 6.0 soportó la mayor deficiencia (-149 mm). La Tm se mantuvo estable alrededor de 21,5 °C y sin diferencias importantes entre GM. La RFAi ac promedio fue de 749 Mj m⁻² con valores superiores a 930 Mj m⁻² en los GM 5.5 y 6.0, y entre 590 y 685 Mj m⁻², para los cuatro GM cortos a intermedios. Las duraciones de este periodo relativas al ciclo de cada genotipo explican la mayor cantidad de radiación solar incidente en los GM 5.5 y 6.0 respecto a los otros cuatro.

Cuadro 1: Condiciones meteorológicas durante la etapa vegetativa (S-R1) para los GM evaluados

GM	Pp	ETO	DH	Tm	RFAi ac
	mm			°C	MJ.m ⁻²
GM 3.7	246,8	291,3	-44,5	21,2	657,4
GM 4.4	246,8	264,8	-18,0	21,3	591,1
GM 4.9	246,8	306,9	-60,1	21,4	685,4
GM 5.1	246,8	291,3	-44,5	21,2	657,4
GM 5.5	288,6	421,9	-133,3	21,7	938,0
GM 6.0	288,6	437,4	-148,8	21,9	966,0
Media	261	336	-75	21,5	749
Desvío	21,6	74,3	53,2	0,3	160,4

Abreviaturas: Pp: precipitación; ETO: evapotranspiración potencial, DH: déficit hidrológico, Tm: temperatura media, RFAi ac: RFA incidente acumulada

Etapa R1-R3:

Las lluvias fueron escasas (32 mm) y la ETO moderada (122 mm), pero el DH promedio fue de -90 mm, y la temperatura media 1,5 °C superior a la etapa previa (Cuadro 2). Respecto al comportamiento varietal, el GM 4.4 recibió la menor cantidad de lluvias (8,8 mm), mientras que el resto superó los 30 mm, e incluso el GM 5.1 algo más de 40 mm. La ETO acumulada fluctuó entre 95,3 y 145 mm, modificando el valor del DH para cada GM. Los más afectados por esta limitante fueron los GM 4.4, 5.5 y 6.0 con más de 100 mm de DH. La RFAi ac, varió entre 204 y 323 Mj m⁻², correspondiendo el valor mayor a los GM 5.5 y 6.0, que también experimentaron temperaturas medias más altas (23,4 °C) que los GM menores (22,5 °C en promedio).

Cuadro 2: Condiciones meteorológicas durante la etapa reproductiva R1-R3 para los GM evaluados

GM	Pp	ETO	DH	Tm	RFAi ac
	mm			°C	MJ.m ⁻²
GM 3.7	36,6	95,3	-58,7	22,6	203,9
GM 4.4	8,8	121,9	-113,1	22,5	261,8
GM 4.9	36,6	95,3	-58,7	22,6	203,9
GM 5.1	41,8	130,5	-88,7	23,2	280,6
GM 5.5	34,8	145,0	-110,2	23,4	322,6
GM 6.0	34,8	145,0	-110,2	23,4	322,7
Media	32,2	122,2	-89,9	23,0	265,9
Desvío	11,8	22,6	25,7	0,4	53,6

Abreviaturas: Pp: precipitación; ETO: evapotranspiración potencial, DH: déficit hidrológico, Tm: temperatura media, RFAi ac: RFA incidente acumulada

Etapa R3-R5:

En esta etapa, y más precisamente en la fase R4, comienza la definición del número de granos considerado un período crítico por su relación estrecha con el rendimiento. Las lluvias fueron escasas (37 mm en promedio) con una marcada variación y la ETO de 85 mm (Cuadro 3). Los GM 3.7 y 5.1 recibieron lluvias de 17,8 y 17,2 mm y una ETO de 85 y 80 mm, respectivamente; mientras que a los dos GM 4 les llovió entre 46 y 22 mm con valores de ETO entre 113 y 116 mm. Los GM 5.5 y 6.0 tuvieron una situación equilibrada entre Pp y ETO con balance ligeramente positivo, mientras que para los otros cuatro GM el DH varió entre -63 y -93 mm. La RFAi ac varió de 131 Mj.m² en los GM largos (5.5 y 6.0) a 257 Mj.m² en los GM 4. La temperatura media de la etapa fue levemente superior a los 23 °C para los grupos 3.7, 4.4, 4.9 y 5.1, y de 22,6 °C para el 5.5 y 6.0.

Cuadro 3: Condiciones meteorológicas durante la etapa reproductiva R3-R5 para los GM evaluados

GM	Pp	ETO	DH	Tm	RFAi ac
	mm			°C	MJ.m ²
GM 3.7	17,8	84,7	-66,9	23,8	192,8
GM 4.4	45,6	113,0	-67,4	23,5	256,8
GM 4.9	22,4	115,7	-93,3	23,6	256,9
GM 5.1	17,2	80,5	-63,3	23,1	180,1
GM 5.5	60,4	58,2	2,2	22,6	130,8
GM 6.0	60,4	58,2	2,2	22,6	130,8
Media	37,3	85,1	-47,75	23,2	191,4
Desvío	20,7	25,2	40,1	0,5	56,6

Abreviaturas: Pp: precipitación; ETO: evapotranspiración potencial, DH: déficit hidrológico, Tm: temperatura media, RFAi ac: RFA incidente acumulada

Etapa R5-R7:

Las precipitaciones acumuladas en esta etapa variaron entre 79 mm (GM 5.5) y 128 mm (GM 5.1), mientras la ETO osciló entre 128 mm (GM 5.5) y 242 mm (GM 4.4) con promedios de 98 mm de lluvia y 198 mm de ETO (Cuadro 4). Los DH más altos se produjeron en los GM 3.7 al 5.1 con más de -100 y hasta -134 mm. En cambio, los GM 5.5 y 6.0 experimentaron un DH menor (entre -49 y -64 mm). La RFAi ac fluctuó entre 326 y 390 Mj.m² en los GM 5.5 y 6.0; mientras que el promedio de los otros cuatro cultivares fue de 527 Mj.m². La temperatura mostró un patrón similar al de la RFA; levemente superior a 21 °C para los GM 3.7 al 5.1 y de 18 °C para los GM más largos. Estos últimos valores son menores al óptimo de 23,5°C calculado para el período de llenado de granos según Boote *et al.* (1997), (citado por Kantolic *et al.*, 2006).

Cuadro 4: Condiciones meteorológicas durante la etapa reproductiva R5-R7 para los GM evaluados

GM	Pp	ETO	DH	Tm	RFAi ac
	mm			°C	MJ.m ⁻²
GM 3.7	93,6	227,2	-133,6	21,6	523,6
GM 4.4	109,4	241,5	-132,1	21,6	557,2
GM 4.9	89,0	207,8	-118,8	21,4	485,0
GM 5.1	128,4	230,9	-102,5	21,1	542,7
GM 5.5	78,8	127,7	-48,9	17,9	326,3
GM 6.0	89,4	153,8	-64,4	18,0	390,1
Media	98,1	198,2	-100,1	20,3	470,8
Desvío	17,9	46,5	35,8	1,8	92,8

Abreviaturas: Pp: precipitación; ETO: evapotranspiración potencial, DH: déficit hidrológico, Tm: temperatura media, RFAi ac: RFA incidente acumulada

En la etapa de madurez (R7-R8), cuadro 5, las lluvias variaron entre los cultivares desde 36 mm en el GM 6.0 hasta 112 mm en el GM 4.9; también lo hizo la ETO entre -43 y -97 mm. Como consecuencia, los GM 3.7, 4.4 y 4.9 no experimentaron DH, mientras que los tres GM más largos (5.1, 5.5 y 6.0) estuvieron expuestos a DH entre -24 y -42 mm. La RFAi ac en esta etapa varió entre 119 y 246 Mj m⁻², y la temperatura media fue la menor de todo el ciclo del cultivo con un promedio de 16,9 °C.

Cuadro 5: Condiciones meteorológicas durante la etapa reproductiva R7-R8 para los GM evaluados

GM	Pp	ETO	DH	Tm	RFAi ac
	mm			°C	MJ.m ⁻²
GM 3.7	67,8	58,4	9,4	17,2	150,5
GM 4.4	62,6	43,1	19,5	15,9	118,9
GM 4.9	111,8	94,8	17,0	17,2	244,0
GM 5.1	72,4	96,5	-24,1	16,7	245,5
GM 5.5	47,0	86,1	-39,1	17,1	213,7
GM 6	36,4	78,1	-41,7	17,2	189,9
Media	66,3	76,2	-9,8	16,9	193,8
Desvío	26,0	21,3	28,4	0,5	51,2

Abreviaturas: Pp: precipitación; ETO: evapotranspiración potencial, DH: déficit hidrológico, Tm: temperatura media, RFAi ac: RFA incidente acumulada

La soja presenta una mayor susceptibilidad al déficit hídrico en etapas reproductivas avanzadas. Deficiencias hídricas durante etapas previas al PC, que pueden reducir la expansión foliar y la tasa fotosintética, afectarán el rendimiento solamente si las deficiencias continúan en etapas post R4. Se puede decir que existe una relación lineal entre el rendimiento de soja y el consumo de agua durante el período R4-R6, por lo que sequías en este período podrían llevar a disminuir marcadamente

el rendimiento, ya que aquellas que ocurren entre R5 y R6 afectan el número de granos fijados, mientras que las producidas después de R6 afectan el peso de los granos. En este trabajo el déficit hídrico se presentó, en mayor o menor medida y en todos los GM, desde comienzo del ciclo y se mantuvo hasta la cosecha, lo que podría estar indicando una posible reducción del rendimiento final.

Crecimiento

Biomasa aérea total y particionada a los órganos de la planta

En el cuadro 6 se muestran los datos de biomasa aérea total (BAT) acumulada y su distribución en los órganos de la planta (hojas, tallo, vainas+semilla y granos), correspondientes a las etapas fenológicas donde se la cuantificó.

El crecimiento del cultivo durante el período vegetativo (valores acumulados en V6 y R1), mostró un patrón genotípico que consistió en una mayor acumulación de BAT en los cultivares de los GM 5.5 y 6.0 (55-318 g m⁻² en promedio), superando significativamente a los otros materiales (GM 3.7, 4.4, 4.9, y 5.1) (44-83 g m⁻² en promedio). La partición de la BAT en esas etapas fue direccionada a hojas (68%) y tallo (32%) en valores promedio para los GM 3.7, 4.4, 4.9, y 5.1. Por su parte, en los GM 5.5 y 6.0, la distribución relativa de biomasa direccionada a hojas y tallo fue, en promedio, similar aunque más cercana (60 y 40%, respectivamente).

En la etapa temprana del período reproductivo (valores acumulados en R3), se mantuvo el patrón de respuesta descrito con mayor acumulación de BAT en los cultivares de los GM 5.5 y 6.0 (439 g m⁻², en promedio) respecto a los otros materiales (213 g m⁻², en promedio). La partición de BAT también fue direccionada a hojas y tallo, pero con una proporción más equilibrada (56 y 44% en promedio de los GM 3.7 al 5.1) y 46 y 54% en los GM 5.5 y 6.0.

Al inicio del crecimiento de las semillas (etapa R5), la diferencia en BAT acumulada en los GM 3.7 al 5.1 y los GM 5.5 y 6.0, se redujo a sólo 29 g m⁻² (en promedio). La distribución de materia seca entre los órganos presente (hojas, tallo y vaina+semilla) también se equilibró entre esos dos grupos de cultivares, siendo en promedio de 45, 44 y 11%, respectivamente.

En R7, la BAT sólo se diferenció significativamente en el peso seco de las hojas, pero sin mostrar un patrón genotípico identificable, ni afectar el peso total ya que los tallos y las vainas+semillas, con 237 y 305 g m⁻², respectivamente equilibraron los valores promedios entre todos los GM. Esta respuesta se reprodujo en la etapa R8 (madurez de cosecha) con 580 g m⁻² de BAT acumulada en promedio de los seis GM, y una distribución relativa de la materia seca de 41, 22 y 37% a tallo, vainas y granos, respectivamente.

Pastore (2014) en un estudio realizado en el mismo sitio experimental, donde se evaluaron genotipos del GM 3 (TJ 2137), 4 (TJ 2246) y 5 (TJ EXP 2255) obtuvo valores máximos de biomasa aérea de 692, 871 y 847 g m⁻² en la fase R7, respectivamente. También en el mismo sitio, pero en la campaña 2009/10, Giayetto *et al.* (2011) encontraron que la variedad A4910-RG (GM 4.9) alcanzó una producción de biomasa a cosecha de 558 g m⁻².

Cuadro 6: Biomasa aérea total (g m^{-2}) acumulada y particionada por órganos (hoja, tallo, vaina+semilla y granos) en fases vegetativas y reproductivas de los GM evaluados.

GM	EF	Hojas	Tallo	Vaina+ Semilla	Granos	Total
3.7	V6	28,8 c	13,03 b	0	0	41,83 b
4.4		30,9 bc	14,26 b	0	0	45,11 b
4.9		30,6 c	14,73 b	0	0	45,3 b
5.1		30,7 bc	14,49 b	0	0	45,19 b
5.5		39,2 a	19,02 a	0	0	58,18 a
6.0		35,2 ab	17,32 a	0	0	52,51 a
GM	EF	Hojas	Tallo	Vaina+ Semilla	Granos	Total
3.7	R1	48,4 c	19,77 d	0	0	68,14 c
4.4		35,6 c	21,76 cd	0	0	57,32 c
4.9		69,0 b	32,67 bc	0	0	101,71 b
5.1		72,6 b	33,86 b	0	0	106,47 b
5.5		170,6 a	150,75 a	0	0	321,34 a
6.0		158,1 a	156,46 a	0	0	314,56 a
GM	EF	Hojas	Tallo	Vaina + Semilla	Granos	Total
3.7	R3	129,9 b	75,45 b	0	0	205,41 b
4.4		100,7 c	97,43 b	0	0	198,13 b
4.9		127,3 b	107,2 b	0	0	234,49 b
5.1		118,1 bc	97,58 b	0	0	215,66 b
5.5		200,1 a	225,87 a	0	0	425,99 a
6.0		203,9 a	247,83 a	0	0	451,74 a
GM	EF	Hojas	Tallo	Vaina+ Semilla	Granos	Total
3.7	R5	286,2 a	250,77 a	37,36 ab	0	574,34 a
4.4		210,2 a	206,02 a	25,08 b	0	441,33 b
4.9		206,4 a	179,04 a	31,63 b	0	417,11 b
5.1		199,3 a	211,03 a	56,29 ab	0	466,64 ab
5.5		199,5 a	211,26 a	57,13 ab	0	467,91 ab
6.0		235,6 a	240,0 a	64,36 a	0	539,95 ab
GM	EF	Hojas	Tallo	Vaina + Semilla	Granos	Total
3.7	R7	87,9 ab	202,11 b	309,6 a	0	599,57 ab
4.4		39,9 c	232,15 b	324,46 a	0	596,56 ab
4.9		39,0 c	183,27 b	324,08 a	0	546,36 b
5.1		104,7 a	211,08 b	305,52 a	0	621,06 ab
5.5		63,9 bc	220,31 b	305,01 a	0	589,2 ab
6.0		70,6 bc	372,86 a	266,42 a	0	709,84 a
GM	EF	Hojas	Tallo	Vaina + Semilla	Granos	Total
3.7	R8	0	202,94 b	366,83 a	224,35 a	569,77 a
4.4		0	256,56 ab	324,56 a	219,05 a	581,12 a
4.9		0	236,38 ab	325,72 a	195,83 a	562,1 a
5.1		0	291,59 a	341,26 a	202,32 a	632,86 a
5.5		0	240,63 ab	336,4 a	220,13 a	577,03 a
6.0		0	200,57 b	357,36 a	216,09 a	557,93 a

Letras diferentes en cada etapa fenológica y órgano presente, representan diferencias significativas entre GM según test de Fisher ($p \leq 0,05$)

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento (TCC) refleja la dinámica temporal de la acumulación de materia seca y expresa la velocidad con que se produce, distribuye y acumula esa biomasa en cada cultivar.

Los valores de TCC calculados para las etapas S-R1, R1-R5 y R5-R7 se muestran en el cuadro 7. Los valores calculados para el período vegetativo (S-R1) permiten categorizar los cultivares evaluados en tres grupos de dos genotipos cada uno. El primero, incluye los GM 3.7 y 4.4 con un promedio de $1,33 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; el segundo a los GM 4.9 y 5.1 con una TCC promedio de $2,08 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$; y el tercero, con un valor promedio $4,61 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, a los GM 5.5 y 6.0.

En la etapa R1-R5 se produjeron los valores más altos de TCC del ciclo del cultivo ($10,3 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, en promedio). Siguiendo el patrón de agrupamiento descrito para el periodo fenológico anterior, en esta etapa se detectó un cambio en el orden de los GM según los valores de TCC. Así, el primer grupo tuvo la TCC promedio más alta con $14,9 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Los dos GM más largos, integrantes del tercer grupo, presentaron la TCC media más baja, con $5,47 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. El segundo grupo tuvo valores intermedios ($10,56 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$). En conjunto, mostraron un patrón opuesto al observado entre S y R1. En la etapa de llenado de grano (R5-R7) la TCC fue baja y los valores fluctuaron entre $0,59 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (GM 3.7) y $3,91 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (GM 5.5), con un promedio general de $2,89 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Cuadro 7: Tasa de crecimiento del cultivo ($\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) de los distintos GM en las etapas vegetativa y reproductiva

GM	Etapas vegetativa y reproductivas		
	S-R1	R1-R5	R5-R7
3.7	1,39	18,75	0,59
4.4	1,27	10,97	3,53
4.9	1,99	9,86	3,40
5.5	2,17	11,26	3,51
5.5	4,73	4,31	3,91
6.0	4,49	6,63	2,37
Promedio	2,67	10,30	2,89

El análisis de sendero (*Stepwise*) aplicado a esta variable, mostró que las variaciones en los valores máximos de la TCC se relacionaron mayormente con las fluctuaciones de la temperatura durante el período S-R1 ($p=0,0721$ y $R^2=0,60$); mientras que el tiempo térmico al que se produjeron esos valores estuvo influenciado por la RFAi ac durante la etapa R1-R3 ($p=0,1389$ y $R^2=0,97$) y R5-R7 ($p=0,0095$ y $R^2=0,97$).

En ensayos realizados en la FAV-UNRC durante la campaña 2011/12 se obtuvieron valores de TCC, para la etapa R3-R5, de aproximadamente $20 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en cultivares de soja de los GM 3 y 4, y de $25 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para uno del GM 5 (Giayetto, *datos no publicados*).

La dinámica de la TCC, descrita en este estudio, coincide con la presentada por Baigorri y Giorda (1997) respecto a que la acumulación de materia seca crece de R1 hasta R5.5 y decae a partir de R6.5, dependiendo del cultivar y la fecha de siembra.

Para poder maximizar la TCC durante el período crítico del cultivo, éste debe ubicarse en momentos que tengan una apropiada disponibilidad hídrica y radiación solar incidente (Díaz Zorita, 2004 *citado por* Ponso, 2015). En esta consideración, el déficit hídrico puede ser más importante que el nivel de radiación. En este trabajo se produjo la radiación adecuada pero se presentó un DH durante todo el ciclo y en la etapa R5-R7 las temperaturas no fueron las óptimas, pudiendo ser el motivo por el cual las TCC fueron bajas en comparación con otros registros de la bibliografía.

Componentes morfológicos

En el cuadro 8 se presentan los valores medios, el valor de *p* y el coeficiente de variación de los componentes morfológicos de los cultivares evaluados en la etapa R8. Todos los componentes difirieron significativamente entre los cultivares.

Número de plantas

El número promedio de plantas a cosecha fue de 32 m², variando entre 27 y 37 plantas. En general, se considera que el número de plantas logradas fue adecuado y en correspondencia con el planteo original de densidad de siembra.

Cuadro 8: Valores promedio de los componentes morfológicos de los cultivares evaluados en R8

GM	N° PI		NR tallo		NR ramas		N° ramas		H	VTP		VR		VT		NT		
3.7	27,0	c	9,1	c	4,5	ab	4,1	ab	48,4	c	18,2	b	7,3	ab	25,5	ab	13,6	d
4.4	29,5	bc	10,2	ab	4,9	ab	4,3	ab	63,1	b	17,7	bc	7,6	a	25,3	ab	16,2	b
4.9	35,0	ab	9,5	abc	4,9	ab	3,8	ab	80,5	a	15,2	cd	6,1	bc	21,4	c	16,4	b
5.1	33,5	abc	9,3	bc	4,6	ab	4,0	ab	69,3	ab	14,5	d	6,1	bc	20,7	c	16,6	b
5.5	37,0	a	10,4	a	3,6	c	2,1	c	68,1	ab	22,6	a	5,3	c	27,9	a	18,8	a
6.0	31,5	abc	7,1	d	3,9	bc	3,5	b	67,0	b	17,5	bc	6,0	bc	23,4	bc	14,6	c
Promedio	32,3		9,3		4,4		3,6		66,1		17,6		6,4		24,0		16,0	
<i>p</i> -valor	0,0398		<0,0001		0,0001		<0,0001		0,001		<0,0001		0,0165		<0,0001		<0,0001	
CV (%)	57,6		28,0		46,4		54,3		58,8		41,2		64,4		38,7		15,8	

Abreviaturas: número de plantas (N° PI), número de nudos reproductivos en tallo (NR tallo) y ramas (NR ramas), número de ramas (N° ramas), altura (H), número de vainas en tallo principal (VTP), en ramas (VR) y vainas totales (VT) y número de nudos totales en el tallo principal (NT). El N° PI corresponde a una superficie de 1 m², y el resto de las variables a plantas individuales. Letras distintas entre cultivares y para cada parámetro indican diferencias significativas según el test de Fisher ($p \leq 0,05$).

Altura de planta

El GM 4.9 logró la mayor altura a R8 con 80,5 cm. En contraposición se ubicó el GM 3.7 con 48,4 cm, y los demás GM tuvieron alturas entre 60 y 70 cm, destacándose la variabilidad de este carácter (CV= 58,8%). Los resultados difieren de los encontrados por Ferreyra (2015) en Manfredi, donde los GM 3 largos y 4 cortos alcanzaron 91 y 97 cm, respectivamente; mientras que los grupos 4 largos, 5 y 6 superaron los 100 cm. Por otra parte, Del Vecchio (2014) encontró que el GM 6 alcanzó la mayor altura (86 cm en promedio) y que los GM 3, 4 y 5 tuvieron valores alrededor de 64 cm.

Número de ramas por planta

La producción de ramas en la soja es dependiente de la densidad, ya que a menor densidad mayor ramificación o viceversa, siendo una característica que hace el cultivo más plástico y más adaptable a las variaciones en la densidad (Baigorri, 2010 citado por Iribarne, 2011). Esta tendencia parece presentarse en este trabajo donde el mayor número de ramas (4,1) coincide con el menor número de plantas/m² (27) en el GM 3.7, contrariamente a lo sucedido en el GM 5.5 con una densidad de 37 plantas/m² y 2,1 ramas.

Número de nudos

En cuanto al número total de nudos en el tallo principal (NT), los GM 3.7 y 5.5 presentaron los valores extremos con 13,6 y 18,8 nudos, respectivamente. El GM 6.0 tuvo 14,6 nudos y los cultivares del GM 4 y el 5.1 un promedio de 16,4 nudos con una mínima variación entre ellos. En cuanto a los nudos reproductivos presentes en el tallo principal y las ramas, el GM 5.5 presentó la mayor cantidad sobre el tallo (10,4); mientras que los GM 4 y el 5.1 fueron los que presentaron la mayor cantidad de nudos reproductivos en las ramas (4,9 y 4,6, respectivamente).

Arias *et al.* (2012), evaluando cultivares de GM 4 al 6 encontraron que los cultivares NA 4990 RG y TJ 2255 presentaron 20 nudos totales en R8; mientras que De Battista (2010) en su trabajo de evaluación de cultivares en diferentes fechas de siembra halló que, en promedio, los cultivares presentaron 17,5 nudos y los GM cortos (3 y 4) desarrollaron la mayor cantidad de nudos en las fecha de noviembre, difiriendo de los datos generados en este ensayo.

Número de vainas

Respecto a este componente, los cultivares del GM 5 presentan los valores extremos de número de vainas sobre el tallo con 22,6 (5.5) y 14,5 (5.1). En cambio el valor máximo de vainas en ramas lo presentó el GM 4.4 con 7,6 vainas y el mínimo el GM 5.5 con 5,3 vainas. Por último, en el número total de vainas por planta se destacaron el GM 5.5 con 27,9 vainas y el GM 5.1 con 20,7 vainas, siendo los extremos superior e inferior, respectivamente.

Del Vecchio (2014) no encontró diferencias significativas en el número de vainas por planta entre los cultivares que evaluó; pero señaló que el GM 5 largo presentó el menor número de vainas por planta (31,3) y el GM 6 la mayor cantidad (56,7).

Número de semillas por vaina

El número de semillas por vaina varió entre 1 y 3, pero la mayor proporción encontrada (>50%) fue de vainas con tres semillas, excepto el GM 5.1, donde predominaron vainas con 2 semillas (65%), y el GM 4.4, que presentó una proporción similar de frutos con 2 y con 3 semillas. Por otra parte, se destaca la baja proporción (5 a 18%) de vainas con una sola semilla en todos los cultivares (Figura 5).

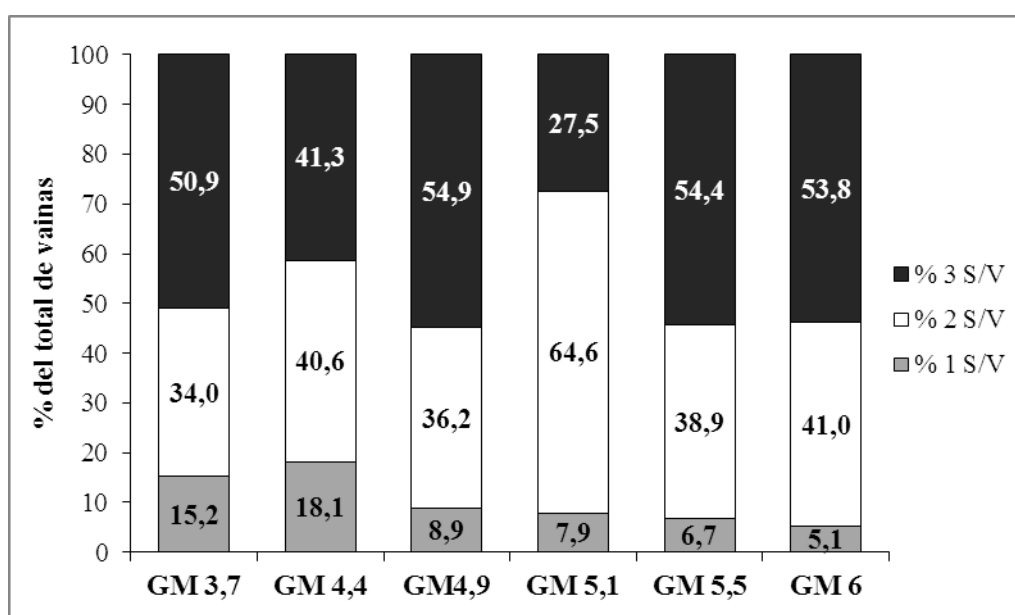


Figura 5: Contribución relativa de vainas con una, dos y tres semillas al número total de semillas por planta para los GM evaluados. *Referencia:* 1S/V: vainas con 1 semilla; 2 S/V: vainas con 2 semillas, y 3 S/V: vainas con 3 semillas

Los datos presentados coinciden en parte con los obtenidos por Del Vecchio (2014), quien también halló que el número de granos por vaina oscila en un rango de 1 y 3. Esta autora encontró que el GM 6 presentó, en promedio, menos de 1,5 granos por vaina, mientras que los GM 3, 4 y 5 en promedio tuvieron 2,17 granos por fruto.

Los resultados concuerdan también con lo expuesto por Kantolic *et al.* (2003), la cual sostiene que una vaina puede tener entre 1 y 4 granos; sin embargo los granos de una vaina pueden ser abortados antes de llegar a la fase de llenado, modificando el número de granos logrados por vaina. No obstante, este componente tiene un importante grado de control genético y una gran estabilidad ante variaciones ambientales.

Componentes directos del rendimiento en granos

El rendimiento de la soja resulta de combinar los componentes directos: número de granos por superficie y peso individual de los mismos. En el cuadro 9 se presentan los valores de dichos componentes para los cultivares evaluado en la fase R8.

Cuadro 9: Componentes directos y rendimiento en granos de los cultivares evaluados

GM	PG g/100 granos	NG m ²	Rendimiento Kg ha ⁻¹
3.7	14,2 abc	1573 a	2244 a
4.4	12,3 d	1743 a	2191 a
4.9	13,1 cd	1495 a	1958 a
5.1	14,7 ab	1377 a	2023 a
5.5	13,8 bcd	1598 a	2201 a
6.0	15,4 a	1410 a	2161 a
<i>Promedio</i>	<i>13,9</i>	<i>1533</i>	<i>2130</i>
<i>Valor de p</i>	<i>0,0107</i>	<i>0,8075</i>	<i>0,9818</i>

Abreviaturas: GM: grupo de madurez, PG: peso de 100 granos, NG m²: número de granos.m⁻²

El peso individual de los granos se ubicó en valores medios a bajos y varió en un rango relativamente estrecho (12,3 a 15,4 g/100 granos). No obstante, se detectaron diferencias significativas entre cultivares, con el valor más alto para en GM 6.0 (15,4 g/100 semillas) y el menor (12,3 g/100 semillas) para el GM 4.4. La misma tendencia fue observada por Pastore (2014) en la campaña 2012/13, donde se evaluó el efecto de la condición hídrica sobre la eficiencia de uso de la radiación en diferentes GM. Este autor encontró, en la condición de secano, valores de peso de 100 semillas de 15,7 g (GM 3); 15,6 (GM 4) y 16,3 (GM 5).

En el mismo sitio experimental donde se desarrolló este trabajo, Ponso (2015), en la campaña 2011/12, evaluando cultivares de los GM 3 y 5 bajo condiciones de riego, encontró diferencias significativas a favor del GM 3, con valores de 20,5 g mientras que el GM 5 alcanzó un peso de 18,4 g en contraposición a lo expuesto por Pastore (2014).

Por su parte, el número de granos por superficie y el rendimiento en granos no se diferenciaron significativamente entre los GM evaluados, siendo los promedios generales de 1533 granos.m⁻² y 2130 kg ha⁻¹. Una posible explicación a la falta de diferencias en el rendimiento de semillas entre los GM analizados, puede ser la aparente compensación entre sus componentes directos. Así, se pudo observar que el menor peso individual de las semillas (12,3 g/100 semillas) se correspondió con el mayor número de granos por superficie (1743 granos m⁻²), en el cultivar del GM

4.4, y lo opuesto ocurrió con el GM 6.0 que tuvo el mayor peso de 100 semillas (15,4 g) y menor número de granos por superficie (1410 granos m⁻²).

Estos datos se diferencian de los obtenidos por Pérez y Lardone (campaña 2013/14) en la localidad de Drabbe, donde el rendimiento promedio de 4235 kg ha⁻¹ fue superior al de este estudio (2130 kg ha⁻¹).

Del mismo modo Arias *et al* (2012), en Perdices (Entre Ríos) observaron que el rendimiento promedio de los GM 4, 5 y 6 fue superior a 3200 kg ha⁻¹.

En la campaña 2014/15, Ferreyra (2015) obtuvo rendimientos mayores a 5000 kg ha⁻¹ en GM del 3 largo al 4 largo; mientras que el resto de los GM evaluados presentaron rendimientos entre 4000 y 5000 kg ha⁻¹.

Por su parte, los resultados de Pastore (2014), para la misma campaña y en un lote cercano al de este ensayo, tampoco mostraron diferencias significativas en el rendimiento, pero que el GM 4 superó en un 9,4% al rendimiento promedio de los grupos 3 y 5.

Pérez y Lardone (2014) encontraron que el NG m⁻² promedio para los materiales evaluados (GM 2, 3, 4 y 5corto) fue de 2435 con diferencias a favor de los GM 3 largo y 4.

El estudio realizado por Arias *et al* (2012) no muestra diferencias significativas en cuanto al NG, con un promedio de 1996 m⁻² y una leve diferencia a favor del GM 4 (2063 granos m⁻²).

Relaciones entre los componentes del rendimiento y las condiciones climáticas

El análisis de las relaciones entre los componentes directos del rendimiento (NG y PG) y las condiciones meteorológicas prevalecientes durante las etapas de su determinación (R3-R5 y R5-R7) (Figura 6), mostró una respuesta positiva entre el NG y la RFAi ac, y otra negativa entre el PG y la Tm, aunque ambas tuvieron un bajo grado de ajuste ($R^2 = 0,189$ y $0,254$, respectivamente).

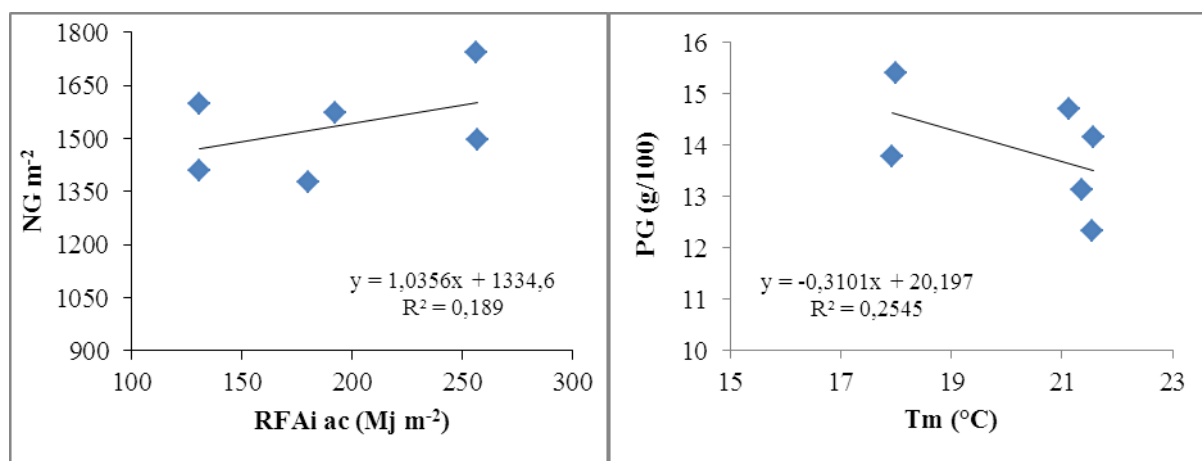


Figura 6: Relación entre los componentes directos del rendimientos y las condiciones climáticas durante las etapas de su determinación.

Durante el período R3-R5 hubo una gran variación entre cultivares en la Pp y la ETO acumuladas, generando DH en los GM cortos. La temperatura media fue de 22/23°C, dependiendo del GM, y la radiación acumulada fue menor en los GM 5.5 y 6.0. Esta menor acumulación de radiación pudo haberse debido al acortamiento de la etapa, en respuesta a la disminución de la duración del día, que estos cultivares experimentaron en el mes de Febrero.

En la etapa de definición del peso de los granos (R5-R7) todos los GM experimentaron DH. Además, los GM largos acumularon menos RFAi y las temperaturas fueron inferiores a la óptima (23,5°C según Boote *et al.*, 1997 citado por Kantolic *et al.*, 2006), para el llenado de granos en todos los cultivares. Entonces, la menor radiación incidente acumulada entre R3-R5 en los GM 5.5 y 6.0, pudo haber reducido la fijación de granos los que luego, y a pesar de que las temperaturas medias no fueron óptimas, experimentaron cierta compensación parcial en el peso individual.

CONCLUSIONES

La duración del ciclo del cultivo aumenta con el GM y las diferencias genotípicas se comienzan a manifestar a partir de la fase R1, siendo los GM 5.5 y 6.0 los que más retrasan las etapas fenológicas posteriores a R1.

El crecimiento, expresado en BAT, presenta diferencias estadísticas entre cultivares hasta la fase R7, con tendencias marcadas a favor de los GM 5.5 y 6.0 hasta la etapa R3. Al final del ciclo (fase R8) no se detectan diferencias significativas en la biomasa acumulada.

En la etapa R1-R5 se produjeron los mayores contrastes de la TCC entre los distintos GM, destacándose el GM 3.7 con 18.7 g.m^{-2} y GM el 5.5 con 4.3 g.m^{-2} como valores extremos.

No se verificaron diferencias significativas del rendimiento entre los cultivares de los diferentes GM. En relación a sus componentes directos, tampoco se encontraron diferencias estadísticas en el NG, pero sí para el PG a favor del GM 6.0.

La relación entre los componentes NG y PG y las condiciones climáticas imperantes durante las etapas R3-R5 y R5-R7, mostraron una asociación positiva entre el NG y la RFAi ac y otra negativa entre el PG y la temperatura media, aunque ambas tuvieron un grado de ajuste bajo. Estas relaciones demuestran la mayor importancia relativa del número granos respecto a la de su peso individual, y la compensación posible entre ambos.

No se detectaron relaciones significativas entre la TCC y los componentes directos del rendimiento.

Todos los componentes morfológicos evaluados se diferenciaron significativamente entre los cultivares.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F.H; y A.G. CIRILO 2002.** Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. En: ANDRADE, F.H y V.O. Sadras. *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Editorial Médica Panamericana S.A. Balcarce. Primera Edición. Cap. 5. p: 137,143-145
- ARIAS, N; B, PESSOLANI y J.J YSRAELIT 2012.** *Franjas comerciales de cultivares de soja 2011-2012*. INTA- EEA Concepción Del Uruguay .En:<http://inta.gob.ar/documentos/franjas-comerciales-de-cultivares-de-soja-2011-12>/Consultado 19/11/12
- BAIGORRI, H; y L. GIORDA 1997.** *El cultivo de soja en Argentina*. Ediciones INTA.Cap.2 P.31-48
- BUYATTI, L; M.A. SOSA y R. PARRA 2006.** *Evaluación de materia seca de biomasa aérea total de soja, según fecha de siembra y grupo de madurez, en los estadios fenológicos R5 y R6*. Facultad de Ciencias Agrarias. UNNE. En:<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/05-Agrarias/2006-A-049.pdf> . Consultado: 20/11/12
- DALZIOTO, M.B; L.A. MILANESI y M.L.OLIVA 2011.** Comportamiento de diferentes grupos de madurez de soja en siete fechas de siembra, Pergamino, Bueno Aires. Área de investigación en el programa de Breeding Soja, Sursem S.A. EN:http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/300_b.pdf . Consultado: 28/11/2014
- DE BATTISTA, J.; N. ARIAS; M CASTELLA y A. ALALUF.** 2010. *Comportamiento de cultivares de soja en fechas de siembra. Campaña2009/2010*. INTA EEA Concepción del Uruguay. Facultad de Ciencias Agrarias, UCU. EN :http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_comportamiento_de_cultivares_de_soja_en_fechas_d_1.pdf Consultado: 23/03/2016
- DEL VECCHIO, E. 2014.***Efecto de grupos de madurez de Glycine Max (L.) Merr., cultivo de Soja, sobre las variables de crecimiento y desarrollo en la región centro de Córdoba*. Trabajo final de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, Córdoba, Argentina.25p. En: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1940/Del%20Vecchio,%20E.%20-%20Efecto%20de%20grupos%20de%20madurez%20Glycine%20Max.pdf?sequence=1> Consultado: 16/02/2016
- DI RIENZO, J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO.** InfoStat versión 2015 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. En: www.infostat.com.ar.
- FERREYRA, L. 2015.** *Evaluación de cultivares comerciales de soja. Campaña agrícola 2014-2015*, INTA EEA Manfredi. En:

http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion_de_cultivares_comerciales_de_soja_2015-2015.pdf .Consultado: 16/12/2015.

- FEHR, W.R. y C.E. CAVINESS. 1977.** Stages of soybean development. Special Report 80. Iowa State University, Ames, Iowa. 11p. En: SATORRE, E. H; R. Benech Arnold; 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*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía UBA. Segunda Edición. Cap. 9 p: 167-2010.
- GARCIA, F; I.A. CIAMPITTI y H.E. BAIGORRI 2009.** *Manual del cultivo de soja*. Buenos Aires, Editorial: International Plant Nutrition Institute. Cap 2 p: 17-32
- GIAYETTO, O; F.E. GUIASOLA, F.D. MORLA, G.R. BALBOA y G.P. ESPÓSITO 2011.** *Intercultivos en franjas de maíz y soja. Efecto de la radiación interceptada*. FAV, UNRC. En:http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/316_b.pdf . Consultado: 26/03/2016
- HYMOWITZ, T. y W.R. SHURTLEFF 2005.** *Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature*. En: DE LA FUENTE, E.B; A. Gil; P.I.Gimenez; A.G.Kantolic; M.Lopez Pereira; E.L.Ploschuk; D.M.Sorlino; M.P.Vilariño; D.F.Wassner; L.B.Windauer. *Cultivos Industriales*. Buenos Aires, Editorial: Facultad de Agronomía UBA. Cap. 2.2 P: 97
- IRIBARNE, J. 2011.** *Comportamiento de diferentes cultivares de soja (grupos III, IV y V) a variaciones en la densidad de siembra*. Trabajo final de Grado. FAYV, UNRC, Rio Cuarto, Argentina. 42p.
- KANTOLIC, A., P. GIMENEZ y E. DE LA FUENTE. 2003.** Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En: SATORRE, E. H; R. Benech Arnold; 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*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía UBA. Segunda Edición. Cap. 9 p: 167-201
- KANTOLIC, A; E. DE LA FUENTE; P.GIMENEZ 2006.** Soja. En: DE LA FUENTE, E.B; A. Gil; P.I.Gimenez; A.G.Kantolic; M.Lopez Pereira; E.L.Ploschuk; D.M.Sorlino; M.P.Vilariño; D.F.Wassner; L.B.Windauer. *Cultivos Industriales*. Buenos Aires, Editorial: Facultad de Agronomía UBA. Cap. 2.2 P: 97-113
- KANTOLIC, A. 2008.** Determinantes del rendimiento-*Produccion de soja CREA*. Ediciones ACREA. Cap.1 P.13-21
- OTEGUI, M.E y M. LOPEZ PEREIRA 2003.** Fecha de siembra. En: SATORRE, E. H; R. Benech Arnold; 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*. Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía UBA. Segunda Edición. Cap. 12 p: 259-275

- PASCALE, A.J. y E.A. DAMARIO 2004.** Fenología. En: *Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología*. Facultad Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires. Primera Edición. Cap. 3, p: 37-53.
- PASTORE, M. 2014.** *Efectos de la duración del ciclo y condiciones hídricas sobre la eficiencia de uso de la radiación en grupos de madurez de soja*. Trabajo final de Grado. FAYV, UNRC, Río Cuarto, Argentina. 33p.
- PÉREZ M.; A. LARDONE y C. JUSTO 2014.** *Comportamiento de cultivares de soja campaña 2013-2014*. INTA EEA Gral. Villegas. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_mt2014_perez_comportamiento_cv_soja.pdf Consultado: 16/12/2015
- PONSO, D.A. 2015.** Comportamiento fenológico y rendimiento de cultivares de soja GM III y V bajo riego en Río Cuarto, Córdoba. Trabajo final de Grado. FAV, UNRC, Río Cuarto, Argentina. 35p.
- SADRAS V.O.; M. FERREIRO, F. GUTHEIM y A.G. KANTOLIC 2002.** Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. En: ANDRADE, F. H. y V.O. Sadras. *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Editorial Médica Panamericana S.A. Balcarce. Primera Edición. Cap. 2. p: 29-30
- SALVAGIOTTI, F; J.M. ENICO, M. BODRERO, S. BACIGALUPPO 2010.** *Producción de soja y uso eficiente de los recursos*. En: <http://inta.gob.ar/documentos/produccion-de-soja-y-uso-eficiente-de-los-recursos/> Consultado 04/09/2012.
- SEILER, R.A.; R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. VINO CUR 1995.** *Agroclimatología de Río Cuarto- 1974/93*, Vol. I. UNRC. 68 p.
- SIIA, 2015.** Sistema integrado de información agropecuaria. Estadísticas. En: <http://www.siia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura> Consultado 23/03/2016
- WILCOX, J.R. 2004.** *World distribution and trade of soybean*. En: DE LA FUENTE, E.B; A. Gil; P.I.Gimenez; A.G.Kantolic; M.Lopez Pereira; E.L.Ploschuk; D.M.Sorlino; M.P.Vilariño; D.F.Wassner; L.B.Windauer. *Cultivos Industriales*. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, 2006. Cap. 2.2 p. 97.