



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar por el Grado de
Ingeniero Agrónomo

RENDIMIENTO DE UNA VARIEDAD DE SOJA
DE GRUPO DE MADUREZ V
CON LA BIOTECNOLOGÍA INTACTA RR2 PRO

Lagos, Facundo

DNI: 35.545.035

Director: Ing. Agr. (Dr.) Federico Morla

Co-Directora: Ing. Agr. (Dra.) Elena M. Fernández

Río Cuarto- Córdoba

Agosto de 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA
CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

Autor: LAGOS, Facundo

DNI: 35.545.035

Director: Ing. Agr. (Dr.) Federico D. Morla

Co-Director: Ing. Agr. (Dra.) Elena M. Fernández

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

Ing. Agr. Cerliani, Cecilia

Ing. Agr. Estévez, Sergio

Ing. Agr. Morla, Federico

Fecha de Presentación: ____ / ____ / ____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____ / ____ / ____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos por darme el apoyo permanente en esta etapa de formación académica.

A Milagros por acompañarme en los últimos años de mi carrera universitaria y apoyarme en la elaboración de esta tesis.

A Juani, Tomi, Mauricio y Felipe con los cuales compartimos muchas horas de estudio y elaboración de trabajos durante el cursado de la carrera.

Al Ing. Agr. Federico Morla e Ing. Agr. Elena M. Fernández de la Cátedra de Cultivos Oleaginosos que me brindaron su apoyo y confianza para realizar este trabajo final de grado.

ÍNDICE GENERAL

Certificado de aprobación	II
Agradecimientos	III
Índice General.....	IV
Índice de Cuadros	V
Índice de Figuras.....	VI
Resumen.....	VII
Summary	VIII
Introducción	1
Hipótesis	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Específicos.....	6
Materiales y Métodos.....	7
Resultados y Discusión	10
Conclusiones	21
Bibliografía Citada.....	22
Anexos	25

ÍNDICE DE CUADROS

<u>Cuadro 1:</u> Resultados de los análisis de suelo.....	7
<u>Cuadro 2:</u> Características de estos cultivares	8
<u>Cuadro 3:</u> Ocurrencia de estadios fenológicos de dos cultivares de soja durante la estación de crecimiento	13
<u>Cuadro 4:</u> Componentes del rendimiento del cultivo	17
de soja de los cultivares A 5009 y NS 5019	

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1:</u> Esquema del ensayo a campo. Diseño.....	8
en bloques completos aleatorizados (DBCA)	
<u>Figura 2:</u> Temperaturas medias (°C) del aire durante	10
el ciclo del cultivo de soja (2014-2015) y de la serie 1974-1993 para Río Cuarto (Cba)	
<u>Figura 3:</u> Radiación fotosintéticamente activa (MJ m^{-2}).....	11
durante el ciclo del cultivo de soja (2014-2015) y de la serie 1974-1993 para Río Cuarto (Cba)	
<u>Figura 4:</u> Precipitaciones (mm) durante el ciclo del	12
cultivo de soja (2014-2015) y la serie histórica 1974-1993 para Río Cuarto (Cba)	
<u>Figura 5:</u> Cobertura de canopeo en función del tiempo	14
después de la siembra (DDS) de las variedades de soja evaluadas	
<u>Figura 6:</u> Biomasa total aérea acumulada en función	15
del tiempo después de la siembra (DDS) de las variedades de soja evaluadas	
<u>Figura 7:</u> Eficiencia uso de la radiación (EUR) (g MJ^{-1})	16
para los cultivares A 5009 y NS 5019 durante el ciclo 2014/15	
<u>Figura 8:</u> Número de granos m^{-2} en los cultivares A 5009 y NS 5019	17
<u>Figura 9:</u> Peso promedio de 100 granos (g) en los.....	18
cultivares A 5009 y NS 5019	
<u>Figura 10:</u> Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) a humedad.....	19
constante de 13,5% en los cultivares A 5009 y NS 5019	

RESUMEN

Recientemente fue presentado en Argentina un nuevo avance en la biotecnología del cultivo de soja, INTACTA RR2 IPRO, que contiene el evento Roundup Ready 2 Yield (RR2Y), este evento representa la segunda generación de la soja tolerante a glifosato, el cual le proporciona un potencial aumento de rendimiento en relación a la soja Roundup Ready de primera generación (RR1) por una modificación en la ubicación de los genes de resistencia. Un abordaje sobre esta respuesta se puede hacer mediante la ecuación ecofisiológica de generación del rendimiento. Bajo la hipótesis de que el aumento en el rendimiento del cultivar con la tecnología RR2 puede ser cuantificada mediante la eficiencia de uso de la radiación (EUR) de los cultivares evaluados, se montó un ensayo experimental con el objetivo de evaluar el rendimiento de un cultivar de soja de GM V con los nuevos eventos INTACTA RR2 IPRO y compararlo con un cultivar ampliamente utilizado en la región sin esta tecnología. El ensayo se realizó en el ciclo 2014/15 se sembraron dos cultivares de soja: 1) el cultivar con la tecnología RR1 A 5009 RG como tratamiento testigo; y 2) el cultivar con la biotecnología INTACTA RR2 IPRO: NS 5019 IPRO, de características agronómicas similares al testigo. Durante el ciclo del cultivo se determinó la cobertura del canopeo, la radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada se estimó mediante los valores de cobertura del canopeo o Eficiencia de Intercepción (ei) y los datos de radiación incidente ($MJ\ m^{-2}$), se midió biomasa y Eficiencia de uso de la radiación (EUR). A cosecha se muestrearon las plantas que se encontraban en una superficie de $1\ m^2$, con tres (3) muestras por tratamiento y repetición, para registrar el rendimiento final y sus componentes. Contrariamente a lo planteado en la hipótesis, no se encontró efecto positivo en la EUR con la utilización del cultivar NS 5019 IPRO respecto a A 5009 RG, quien tuvo una EUR más alta durante el ciclo del cultivo. De igual manera se observó un mayor rendimiento final en A 5009 RG, asociado con aumentos del número de granos por unidad de superficie, a su vez relacionado al mayor número de frutos fijados. Posibles causas del mejor comportamiento del cultivar RR1 (A 5009 RG) pueden estar dadas por la ocurrencia de un evento de granizo al comienzo del periodo crítico del cultivo que afectó proporcionalmente más al cultivar NS 5019 IPRO. Por otro lado, no se pudo observar mejoras del rendimiento debidas al cambio de tecnología de RR1 a RR2. Puede ser que no se trabajó con isolineas (materiales genéticos idénticos) y que las características genóticas de A 5009 RG sean superiores a su par NS 5019 IPRO independientemente de los eventos biotecnológicos de cada uno de los cultivares. Así, el mejor comportamiento agronómico del cultivar A 5009 RG indica una alta adaptabilidad del cultivar a las condiciones locales de producción, en coincidencia con lo expresado por los productores de la región.

Palabras claves: soja, INTACTA RR2 IPRO, eficiencia de uso de la radiación, rendimiento.

SUMMARY

It was recently presented in Argentina a new advance in the biotech of soybeans cultivation, INTACTA RR2 IPRO, which contains Roundup Ready 2 Yield (RR2Y) technology, and represents the second generation of glyphosate tolerant soy, that provides them an increased yield potential over first generation Roundup Ready (RR1), by a modification in the resistance gens location. An approach to this response can be made through the ecophysiological equation of performance generation. Under the hypothesis that the increase in yield of the cultivar with the RR2 technology can be quantified by the Radiation-Use Efficiency (RUE) of the cultivars evaluated, an experimental trial was set up with the objective of evaluate the performance of a GM V soybean cultivar with the new INTACTA RR2 IPRO and compare it to a cultivar widely used in this region without this technology. The trial was made in the 2014/15 season, two cultivars of soybean were sown: one with RR1 A 5009 RG biotech as control treatment; and another with INTACTA RR2 IPRO technology: NS 5019 IPRO, with similar agronomics features as the control treatment. During the crop season, the coverage of the canopy was determined, the intercepted Photosynthetically Active Radiation (PAR) was estimated by the coverage values of the canopy or Interception Efficiency (IE) and the incident radiation data (MJ m⁻²), and it was measured biomass produced and Radiation-Use Efficiency (RUE). In the harvest, the plants on an area of 1 m² were sampled, with three (3) samples for treatment and repetition, to record the final yield and its components. Contrary to what was hypothesized, there was no positive effect on the RUE with the use of cultivar NS 5019 IPRO compared to A 5009 RG, which had higher RUE during the crop season. Similarly, a higher final yield was observed in A 5009 RG, associated with increases in the number of grains per unit area, at the same time related to the higher number of fixed fruits. The better behavior of RR1 (A 5009 RG) could possibly be due to the occurrence of a hail at the beginning of the critical period of the crop which proportionally affected more the NS 5019 IPRO cultivar. On the other hand, performance improvements could not be observed due to the change of technology from RR1 to RR2. It may be due to the lack of isolines (genetically identical materials) and to the higher genotypic characteristics of A 5009 RG than NS 5019 IPRO, regardless of the biotechnological events of each of the cultivars. Thus, the better agronomic behavior of cultivar A 5009 RG indicates its high adaptability to the local production conditions, in agreement with the expressed by the producers of the region.

Keywords: soybean, INTACTA RR2 IPRO, Radiation-Use Efficiency, yield.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la agricultura de Argentina experimentó cambios significativos, el escenario agrícola fue dominado por la expansión del cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Esta transformación fue acompañada por un importante aporte de la tecnología: siembra directa, surgimiento de variedades transgénicas, mejoramiento genético en búsqueda de resistencia a enfermedades, adopción de grupos de madurez de mejor comportamiento y el desarrollo de materiales adaptados a las distintas zonas productivas (Satorre, 2003).

En el ciclo agrícola 2015-2016, la superficie sembrada con soja en el país fue de 20.479.000 ha, la producción de 58.799.258 tn, la superficie cosechada de 19.504.648 ha, con un rendimiento medio de 3.015 kg ha⁻¹ (MAGyP, 2016).

Argentina es el tercer exportador de grano de soja, luego de EE.UU y Brasil, pero es el primer exportador de productos procesados: aceite, tanto crudo como envasado, y harinas proteicas en un nivel de oferta muy superior a Brasil, que es el segundo exportador mundial (ACSOJA, 2012).

En lo que concierne a su morfo-fisiología, la soja es una planta de ciclo anual primavera-estival, de hábito de crecimiento indeterminado. El tallo es rígido y erecto, alcanza alturas variables, de 0,4 a 1,5 metros, según variedades y condiciones de cultivo. El sistema radicular está compuesto por una raíz principal (que puede profundizar más de un metro) y por raíces secundarias. Tanto en la raíz principal como en las secundarias se encuentran los nódulos, que son las estructuras que contienen las bacterias encargadas de la fijación del nitrógeno (FBN). Las hojas son alternas y trifoliadas y las flores que son de color blanquecino o púrpura, se encuentran en inflorescencias racimosas axilares. El fruto es una vaina dehiscente por ambas suturas, cada una contiene de 1 a 4 semillas (Kantolic *et al.*, 2004).

El ciclo ontogénico de esta oleaginosa está compuesto por una fase vegetativa que va desde VE a R1, durante la que aparecen y se expanden hojas y una fase reproductiva que va desde R1 a R8, caracterizada por la aparición y el crecimiento de flores, frutos y semillas; además, durante gran parte de las fases reproductivas prosigue la aparición de hojas (Fehr y Caviness, 1977).

La temperatura y el fotoperiodo son los factores ambientales que regulan la duración de las fases de desarrollo del cultivo, actuando en forma simultánea en las plantas. Los factores determinantes del crecimiento del cultivo y de su rendimiento final son el genotipo (características propias de cada cultivar (cv), la radiación solar y la temperatura del ambiente, dichos factores determinan el rendimiento potencial. Por su parte, el agua y los

nutrientes son considerados factores que determinan el rendimiento alcanzable o sea limitan el rendimiento potencial. Y los factores reductores del rendimiento son malezas, enfermedades y plagas y son los que determinan el rendimiento real (Kantolic *et al.*, 2004).

El rendimiento del cultivo de soja se lo puede dividir en sus componentes numéricos indirectos y directos; dentro de los indirectos se encuentran el número de plantas y nudos reproductivos por metro cuadrado, el número de vainas por planta, y el número de granos por vaina, y dentro de los directos el número de granos por metro cuadrado y el peso individual de los granos (Baigorri *et al.*, 2009).

Las etapas críticas para la determinación del rendimiento se ubican en el periodo en que se define el principal componente del mismo, el número de granos (Kantolic *et al.*, 2004). Si bien las estructuras reproductivas son muy sensibles al estrés, el grado de indeterminación de la soja le confieren al cultivo una gran estabilidad ante situaciones de estrés de tipo temporarios (Baigorri, 2004). El número de granos por unidad de área queda determinado durante el período R2-R5 (plena floración-inicio de llenado de granos) y su reducción sólo puede ser compensada parcialmente por el aumento en el peso unitario de los granos (Giorda y Baigorri, 1997). El número final de granos, que el cultivo puede establecer en relación al número potencial, se asocia principalmente con la capacidad de crecimiento de los individuos dentro del cultivo durante el período crítico de fijación de vainas y granos (Andrade y Sadras, 2000). El otro componente directo del rendimiento -el peso individual de los granos- depende del genotipo y de las condiciones ambientales que determinan la capacidad de fotosíntesis del canopeo, removilización de fotoasimilados y la duración de la etapa de llenado (Andrade y Sadras, 2000; Kantolic *et al.*, 2004).

El potencial productivo de un área determinada es función de la oferta de recursos naturales (radiación, temperatura, agua, nutrientes, CO₂) durante el ciclo del cultivo y de la eficiencia en el uso de estos recursos (Caviglia *et al.*, 2004). El manejo del suelo y los cultivos genera diferentes escenarios ambientales y por lo tanto rendimientos potenciales (RP). El rendimiento potencial (RP) se define como el rendimiento obtenido de un genotipo que crece sin limitantes hídricas y nutricionales, libre de malezas, plagas y enfermedades bajo la implementación de las buenas prácticas agrícolas (van Ittersum y Rabbinge, 1997). Estos autores señalan que en condiciones de campo existen también otros factores que “limitan” (agua y nutrientes) y “reducen” (malezas, plagas y enfermedades) el rendimiento potencial del cultivo. Así, el rendimiento máximo alcanzable en seco (RAS) es aquel logrado por un cultivo que crece sin limitantes nutricionales y utilizando la mejor combinación de insumos y tecnología pero merced a las precipitaciones de la zona (Lobell *et al.*, 2009). Los manejos agronómicos que se pueden realizar en el cultivo de soja tienen

como objetivo disminuir la brecha entre los rendimientos actuales y los máximos alcanzables.

Una de las prácticas de manejo de protección del cultivo a factores bióticos que reduzcan el rendimiento es la elección de cultivares o genotipos con buen comportamiento sanitario respecto a malezas, plagas y enfermedades (Justiniano *et al.*, 2014). Los avances recientes en la biotecnología agrícola han dado lugar a plantas transgénicas que son alternativas eficientes y tienen menos impacto ambiental para el control de las plagas de lepidópteros en áreas donde son de interés agronómico (Zobiolo *et al.*, 2011).

Recientemente fue presentado en Argentina un nuevo avance en la biotecnología del cultivo de soja, INTACTA RR2 PRO, que contiene el evento Roundup Ready 2 Yield (RR2Y), este evento representa la segunda generación de la soja tolerante a glifosato, el cual le proporciona un potencial aumento de rendimiento en relación al actual producto comercial, la soja Roundup Ready de primera generación (RR1) (Monsanto, 2017).

La "primera generación" de soja RR (RR1) se comercializó en EE.UU. en 1996. Se desarrolló incorporando un gen derivado de la bacteria del suelo *Agrobacterium sp.*, cepa CP4. Este gen dirige la producción de 5-enolpiruvil-shikimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS) que es menos sensible a la inhibición por el glifosato en comparación con la EPSPS endógena de plantas de soja no transgénica. Sin embargo, esta modificación genética trajo aparejada una depresión en el rendimiento del cultivo de soja que estuvo asociado a la ubicación del gen de *Agrobacterium* en el genoma de la planta. A su vez, a campo, se reportaron frecuentes lesiones vegetales visuales en variedades de soja RR1 después de la aplicación de glifosato. El síntoma típico se conoce como "yellow flashing" posiblemente debido a la acumulación del metabolito fitotóxico primario ácido aminometilfosfónico (AMPA). Aunque este síntoma se considera generalmente no persistente porque tiende a desaparecer dentro de dos semanas después de la aplicación de herbicidas (Zablotowicz y Reddy, 2007).

La modificación de las técnicas transgénicas resultó en cultivares de "segunda generación" (RR2) que estaban disponibles comercialmente para los agricultores en 2008 y promovidos para los rasgos de mayor rendimiento con respecto a los cultivares RR1 (Zobiolo *et al.*, 2011). El mayor rendimiento proviene de la nueva generación del gen RR, el RR2Y. Éste, fue obtenido utilizando los métodos más modernos de la biotecnología, introduciéndolo en un lugar en el genoma donde claramente tiene ventajas de producción comparada con el evento anterior RR1. El cual induce a una mayor eficiencia en el uso de la radiación, que es el coeficiente entre radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo y la biomasa que produce en un espacio y tiempo determinado (Kantolic *et al.*, 2004).

En EE.UU., en el año 2003, en los primeros ensayos de RR2 presentaron rendimientos superiores en un 9% que los de RR1, luego en el 2009 -cuando se liberó la tecnología y se realizaron ensayos de campo de productores- la diferencia fue de 8,5% (Scremini, 2013).

En Brasil, en 500 ensayos de campo de productores la tecnología RR2 rindió 11% más que la antigua RR1. En la Argentina, la comparación se hizo entre INTACTA vs. RR1 y ahí las diferencias de rendimiento fueron entre el 8% y el 22% en el norte del país, donde la presencia de lepidópteros es significativa y afecta seriamente la producción de este cultivo (Cooperativa Agropecuaria La Violeta Ltda., 2017).

La magnitud del aumento de rendimiento de INTACTA RR2 PRO en relación a la primera generación de sojas RR1, es variable de acuerdo a los siguientes aspectos: 1- Sobre la presión de plagas: INTACTA RR2 PRO aporta protección contra las principales plagas que afectan al cultivo. Por esta razón, es esperable que el valor de la tecnología se maximice en ambientes con alta presión de plagas. Con respecto a este evento, las plantas modificadas genéticamente son productoras de toxinas Bt -cristales de δ -endotoxinas proteínicas de acción insecticida (llamados cristales de proteína o proteínas Cry), que son codificados por los genes Cry-. Estos genes son extraídos de las cepas de la *Bacillus thuringiensis*. Cuando los insectos se alimentan de las hojas o tallos de la planta ingieren los cristales proteicos, el pH alcalino de su tracto digestivo activa la toxina Cry, la cual se inserta en el epitelio del intestino del insecto, provocando poros en el epitelio. El poro causa una lisis celular (rotura de la membrana celular) y la posterior muerte del insecto. La proteína BT se manifiesta en todo el ciclo de cultivo, desde la emergencia hasta el final del ciclo, controlando las siguientes plagas: *Anticarsia gemmatalis* (Oruga de las leguminosas), *Rachiplusia nu* (Oruga medidora), *Crociosema aporema* (Barrenador del brote), *Helicoverpa gelotopoeon* (Isoca bolillera), *Chrysodeixis* (=Pseudoplusia) *includens* (Oruga falsa medidora), *Loxostege bifidalis* (Oruga de la verdolaga), *Heliothis virescens* (Oruga capullera), *Sipilosoma virginica* (Gata peluda), *Colias lesbia* (Oruga de la alfalfa) (McPherson y McRae, 2009). 2- El beneficio de la tecnología RR2 por la nueva ubicación del gen es positivo en cualquier germoplasma, aunque no es igual en todas las variedades (Scremini, 2013). La magnitud del beneficio varía de acuerdo al grupo de madurez, hábito de crecimiento y estructura de la planta, además de la interacción con las condiciones ambientales y presión de la plaga recién mencionadas.

En muchos de los resultados observados a campo se encuentran los efectos de estos dos aspectos en conjunto (Monsanto, 2017). Sin embargo son escasos los estudios que separen a estos factores. Y teniendo en cuenta que en esta región la presión de plagas lepidopterinas suele ser baja e intermitente, puede ser útil el análisis por separado de los

eventos biotecnológicos de los genotipos de soja de INTACTA RR2 PRO, en donde para la región del centro sur de Córdoba resulta interesante analizar el efecto de la tecnología RR2 sobre el rendimiento del cultivo.

Un enfoque que puede utilizarse para el análisis del aumento de la productividad del cultivo a través de la tecnología RR2 es el de la ecuación ecofisiológica del rendimiento del cultivo (Andrade y Sadras, 2000; Kantolic *et al.*, 2004):

$$R = RFA \times e_i \times e_c \times e_p$$

Donde el rendimiento del cultivo (R) depende de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) que el cultivo intercepte según su eficiencia de interceptación ($RFA_i = RFA \times e_i$), la eficiencia con la que el cultivo convierta esa energía en biomasa (eficiencia de conversión - e_c - o eficiencia de uso de la radiación -EUR-) y su capacidad de particionarla a los órganos cosechables (eficiencia de partición - e_p - o índice de cosecha IC). La mejora en la productividad del cultivo ante el cambio biotecnológico se podría ver reflejada en la mejora de la eficiencia de uso de la radiación.

La adopción de esta nueva tecnología es considerada un tema de interés social porque su adopción en los sistemas agrícolas reduce significativamente el uso de agroquímicos y por lo tanto el impacto ambiental que conlleva. Por este motivo, se decidió trabajar sobre este tema ya que hay poca información e investigaciones a campo sobre los resultados de esta biotecnología en soja, que fue incorporada al mercado nacional con las variedades comerciales a partir del año 2014.

HIPÓTESIS

Los cultivares de soja de grupos de madurez V con la biotecnología INTACTA RR2 PRO alcanzan mayores rendimientos que los que tienen la tecnología RR1. El aumento en el rendimiento del cultivar con la tecnología RR2 puede ser cuantificada mediante la eficiencia de uso de la radiación (EUR) de los cultivares evaluados.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento de un cultivar de soja de grupo de madurez V con los nuevos eventos INTACTA RR2 PRO y compararlo con un cultivar ampliamente utilizado en la región sin esta nueva tecnología.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar la cobertura del cultivo (intercepción de la radiación), radiación fotosintéticamente activa interceptada y acumulada y eficiencia de uso de la radiación (EUR).

Estimar el rendimiento y determinar los componentes directos (número de granos por metro cuadrado y peso de 100 granos) e indirectos (número de plantas por metro cuadrado, número de vainas por metro cuadrado, número de granos por vaina) del rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

En la campaña 2014/2015 se realizó una experiencia con el cultivo de soja (*Glycine max* (L) Merrill) en un lote de producción del establecimiento “La Perdiz” ubicado próximo a la localidad de Olaeta (32°58'52,23"S - 63°47'49,18"O), hacia el NE de Río Cuarto a unos 65 km.

La región se caracteriza por poseer un régimen de precipitaciones monzónico con un promedio de 800 mm de lluvias anuales. Los meses más lluviosos son diciembre, enero y marzo, y los más secos junio, julio y agosto. El clima es templado sin gran amplitud térmica anual. La temperatura media del mes más cálido oscila alrededor de los 24,9°C, en enero, mientras que la temperatura media del mes más frío es de 9,6 °C en el mes de julio, y la temperatura media anual es de 16,9°C. La fecha aproximada de comienzo de las primeras heladas es el 21 de mayo, y la de últimas heladas es el 11 de septiembre (INTA, 1993).

Los suelos característicos de la zona son Haplustoles énticos (INTA, 1993). Los datos de las condiciones físico-químicas edáficas del lote, en el cual se realizó el ensayo experimental se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Propiedades químicas del suelo donde se realizó el ensayo.

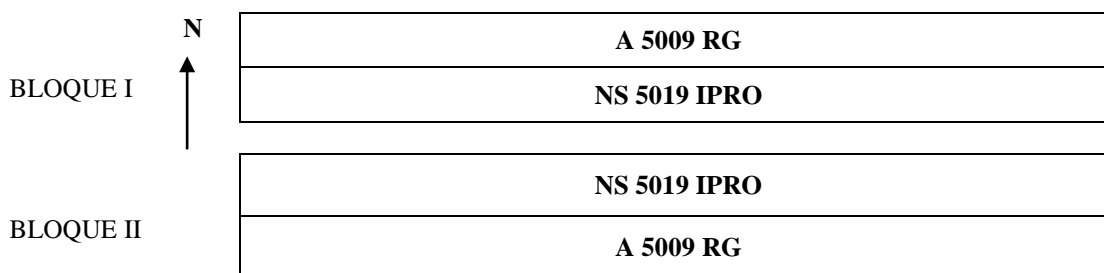
Característica	Valor
pH	6,2
Materia orgánica (%)	1,15
Fósforo (Bray) (ppm)	18,3
Nitrógeno Total (%)	0,08
Relación C/N	11,2
Na de intercambio (meq/100gr)	0,2
K de intercambio (meq/100gr)	1,7
Ca de intercambio (meq/100gr)	6,1
Mg de intercambio (meq/100gr)	0,8
Suma de Bases (meq/100gr)	8,8
H+ de intercambio (meq/100gr)	0,9
P.S.I.(%Na en T)	14,72
S de Sulfato (ppm)	12

El establecimiento realiza cultivos estivales como maíz y soja con una rotación 1:1 y en algunos años se hacen cultivos invernales como trigo. El lote donde se realizó esta experiencia tiene una superficie total de 48 hectáreas, presenta el siguiente historial de

cultivos en rotación: soja 1^{ra} (08/09), maíz 1^{ra} (09/10), soja 1^{ra} (10/11), maíz 1^{ra} (11/12), soja 1^{ra} (12/13), maíz 1^{ra} (13/14), éste último con un rendimiento de grano promedio de 10.000 kg ha⁻¹.

Se utilizó un diseño experimental en bloques completo al azar, en el cual cada parcela midió de 11,2 m de ancho (32 surcos con un distanciamiento entre hileras de 0,35 m) y 200 m de largo, o sea una superficie aproximada de 0,224 ha (Figura 1).

Figura 1. Esquema del ensayo a campo. Diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA).



El tratamiento fue la variedad de soja con dos (2) niveles: 1. el cultivar con la tecnología RR1 A 5009 RG -porque es el más utilizado por los productores del centro sur de la provincia de Córdoba (AAPRESID, Regional Rio Cuarto – Córdoba, com. per.)- como tratamiento testigo; 2. el cultivar con la biotecnología INTACTA RR2 PRO: NS 5019 IPRO, de características agronómicas similares al testigo (Cuadro 2), ambos genotipos de un mismo semillero - NIDERA semillas. Se hicieron 2 repeticiones espaciales.

Cuadro 2. Características de estos cultivares son las siguientes¹.

Características	NS 5019 IPRO	A 5009 RG
Grupo de Madurez	V Corto	V Corto
Días a R1	50	47
Días a R8	150	151
Color Pubescencia	Castaño oscuro	Castaño
Color de Flor	Blanca	Blanca
Peso de Mil	180 g	200 g
Altura de Planta	94 cm	105 cm
Comportamiento al Vuelco	Excelente	Muy Bueno
Hábito de Crecimiento	Indeterminado	Indeterminado
Perfil Sanitario* MOR	MS	MS
Perfil Sanitario* SC	R	R
Perfil Sanitario* PHY	MS	TC

* MOR: Mancha Ojo de Rana. I SC: *Sclerotinia*. I PHY: *Phytophthora*. MS (medianamente susceptible) / R (Resistente) / TC (Tolerante). ¹ Nidera Semillas (2015).

La siembra se realizó el 5 de noviembre de 2014, con una densidad de plantas objetivo de 300.000 plantas ha⁻¹, con una distancia entre surcos de 0,35 m. La máquina utilizada para la siembra fue una FABIMAG de 16 surcos, de dosificación neumática.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron los controles fitosanitarios para mantenerlo en condiciones óptimas y no tener influencia de factores bióticos externos al objeto de estudio (influencia de malezas, plagas y enfermedades), en los resultados obtenidos. Mediante el control químico de las plagas lepidópteras se aisló del análisis de los datos la tecnología BT del cv NS 5019 IPRO.

OBSERVACIONES Y DETERMINACIONES

Se identificaron y registraron las etapas fenológicas claves (Ve, R1, R3, R5, R6, R8) en el ciclo del cultivo según escala de Fehr y Caviness (1977).

A partir de la emergencia, en intervalos regulares de 15-20 días, hasta fin de ciclo del cultivo se determinó la cobertura del canopeo mediante la técnica de fotografías cenitales para estimar la fracción de cubierta vegetal verde, estas fueron procesadas con el programa Canopeo (Oklahoma State University, 2017). La radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada se estimó mediante los valores de cobertura del canopeo, afectando la RFA por el valor de Eficiencia de Intercepción (*ei*) correspondiente al nivel de cobertura y los datos de radiación incidente (MJ m⁻²), conjuntamente con variables agrometeorológicas obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Agronomía y Veterinaria – UNRC. En los mismos momentos se tomaron tres (3) muestras de 1m² de biomasa total aérea por tratamiento y repetición. La EUR (g MJ⁻¹) fue determinada como la pendiente de la regresión entre la biomasa producida (g m⁻²) y la RFA interceptada (MJ m⁻²).

A cosecha se cosecharon las plantas que se encontraban en una superficie de 1 m², con tres (3) muestras por tratamiento y repetición, para registrar las siguientes variables:

- * Altura de planta, Número de ramificaciones por planta, Número de nudos fértiles por planta, discriminado por ramificaciones y tallo principal.
- * Número de semillas por superficie, por planta y por fruto, y Peso individual de los granos.
- * Rendimiento final.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante A.N.A.V.A. y separación de medias según el test de Fisher al 5% de probabilidad. Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (Di Renzo *et al.*, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONDICIONES METEOROLÓGICAS:

En las figuras 2, 3 y 4 se presentan las temperaturas (°C) medias del aire, la radiación (MJ m⁻² día⁻¹) fotosintéticamente activa incidente y las precipitaciones (mm) a intervalos decádicos respectivamente para el ciclo agrícola 2014-2015 y los datos de la serie historia de 1974-1993 de Río Cuarto (Seiler *et al.*, 1995).

La evolución de la temperatura (Figura 2) desde noviembre a febrero durante el ciclo 2014-15 fue similar a la del período 1974-1993. En el caso de octubre 2014, las temperaturas fueron superiores (20-25°C) a la media de la serie 1974-93 (15-18°C). En las primeras dos décadas de marzo de 2015, la temperatura media fue superior a la serie histórica y en el mes de abril -de ese mismo año- ocurrió lo mismo. Así, el inicio y fin del ciclo del cultivo en la campaña 14-15 se desarrolló con temperaturas medias superiores a la serie histórica comparada.

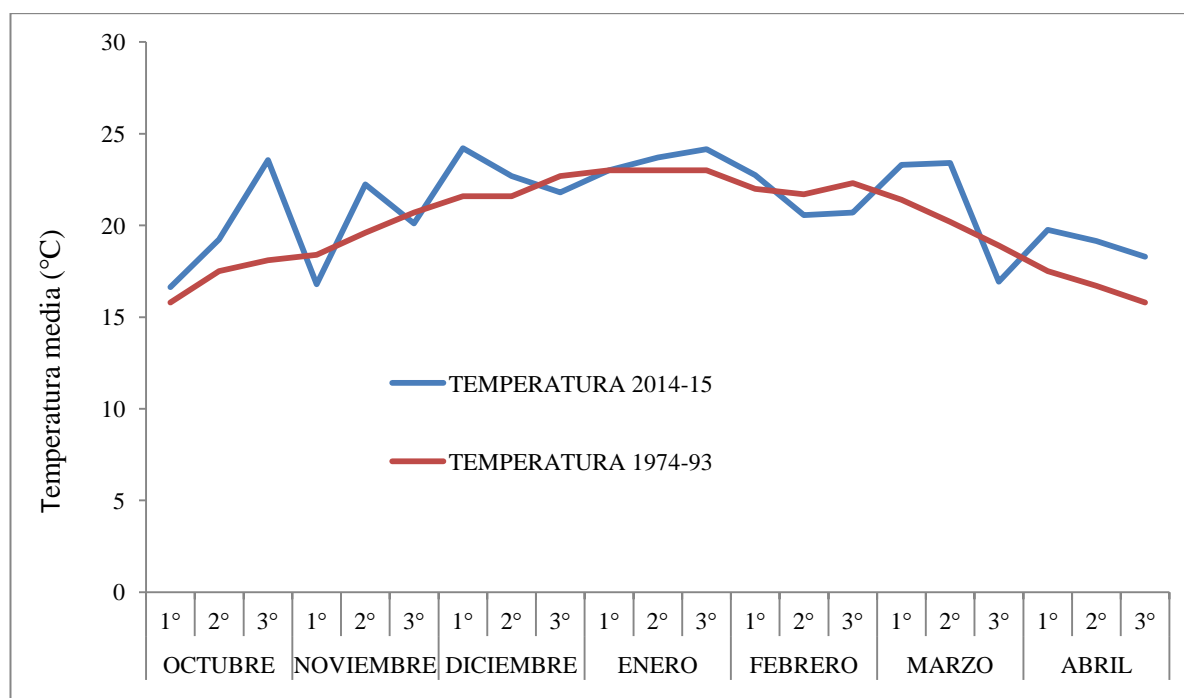


Figura 2. Temperaturas medias (°C) del aire durante el ciclo del cultivo de soja (2014-2015) y de la serie 1974-1993 para Río Cuarto (Cba).

La radiación fotosintéticamente activa (RFA) durante el ciclo 2014-15 fue, en general, superior a la del período 1974-1993, acentuándose esta diferencia en los meses de

octubre, diciembre y enero (Figura 3). Este comportamiento coincide con el de las temperaturas medias que fueron superiores a la media de la serie histórica (Figura 2).

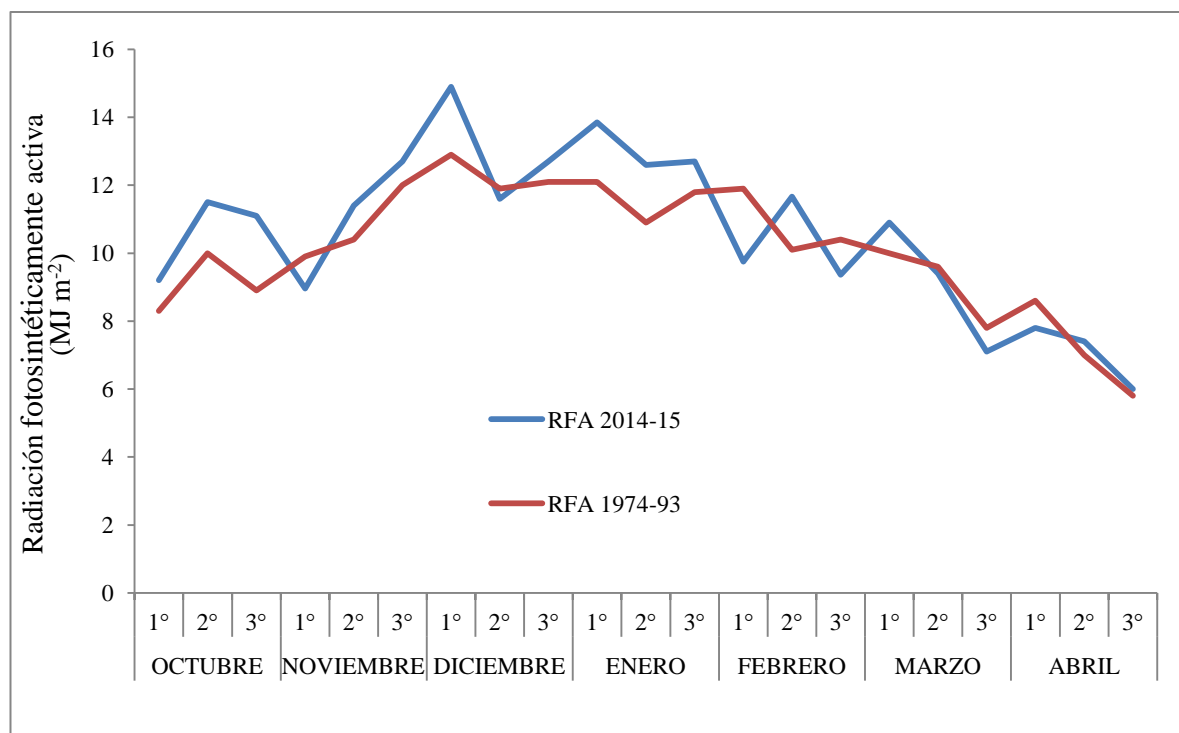


Figura 3. Radiación fotosintéticamente activa (MJ m^{-2}) durante el ciclo del cultivo de soja (2014-2015) y de la serie 1974-1993 para Río Cuarto (Cba).

El mayor valor alcanzado por la RFA ocurrió en la primera década de diciembre, que superó en 2 MJ m^{-2} al valor histórico. Por último, se puede observar -en la primera década de febrero- la mayor diferencia entre los valores registrados en la campaña y la serie histórica, siendo inferiores en $2,15 \text{ MJ m}^{-2}$ en el ciclo 2014-15, lo que coincide, posiblemente, con las condiciones de nubosidad y abundantes precipitaciones durante esa misma década (Figura 4).

Las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (2014-2015) fueron levemente inferiores a las del período 1974-1993 durante el trimestre octubre-noviembre-diciembre y con mayor escasez en el mes de enero, a partir de la primera década de febrero ocurrieron abundantes precipitaciones elevando el acumulado a valores por encima de la serie histórica. Así, durante todo el ciclo del cultivo hubo aproximadamente 100 mm por encima del acumulado en la serie de 1974-93. Cabe destacar, que se produjeron importantes lluvia en pleno periodo crítico del cultivo (primer década de febrero) por lo que indica que los cultivares estudiados no sufrieron estrés hídrico que haya repercutido negativamente en rendimiento.

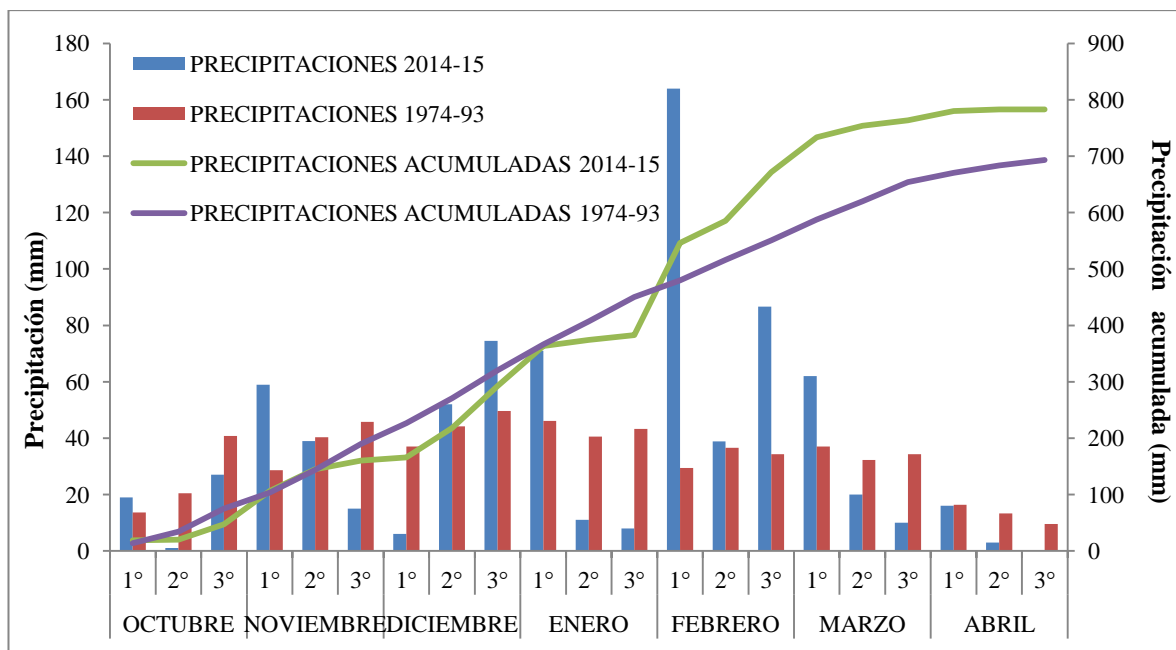


Figura 4. Precipitaciones (mm) durante el ciclo del cultivo de soja (2014-2015) y la serie histórica 1974-1993 para Río Cuarto (Cba).

Cabe destacar que el día 13/01/2015 se registró -en el ensayo experimental- la ocurrencia del evento climático de caída de granizo, esto ocurrió a los 65 días de la siembra.

VARIABLES AGRONÓMICAS DEL CULTIVO:

En el Cuadro 3 se detallan los estadios fenológicos de las dos variedades según escala de Fehr y Caviness (1977), contabilizados en días después de la siembra (DDS).

Las dos variedades emergieron a los 8 DDS y tuvieron similar desarrollo hasta V3 que lo alcanzaron a los 30 DDS. Desde ese momento el desarrollo de NS 5019 IPRO fue más acelerado, ingresando al periodo crítico (R3) a los 63 DDS, mientras que el cv A 5009 RG a los 70 DDS. Este desfasaje de una semana, se mantuvo durante el resto del ciclo de los cultivares que luego se fue igualando hacia fin de ciclo, alcanzando la madurez de cosecha (R8) en ambos casos aproximadamente a los 151 DDS. La duración del ciclo de ambos cultivos se corresponde a la información que brinda el semillero ya que fueron sembrados en fecha óptima para la zona donde se efectuó el ensayo, por lo tanto no sufrió alteraciones.

Cuadro 3. Ocurrencia de estadios fenológicos (Fehr y Caviness, 1977) de dos cultivares de soja durante la estación de crecimiento.

Tabla de Fenología			
Fecha de visita	DDS	A 5009 RG	NS 5019 IPRO
05/11/2014	0	S	S
13/11/2014	8	VE	VE
23/11/2014	18	V1	V1
05/12/2014	30	V3	V3
19/12/2014	44	V5	V6
07/01/2015	63	R2	R3
14/01/2015	70	R3	R3,5
21/01/2015	77	R3,5	R4
19/02/2015	106	R5	R5,5
02/03/2015	117	R5,5	R5,8
15/03/2015	130	R5,8	R6
29/03/2015	144	R7	R7
05/04/2015	151	R8	R8

En la figura 5 se presenta la evolución de la cobertura del canopeo de los cultivares de soja evaluados durante su ciclo de crecimiento, donde se observa un porcentaje de cobertura similar de ambas variedades desde el inicio de las etapas vegetativas hasta V3 (30 DDS). Desde allí la variedad NA 5019 IPRO mostró mayor cobertura (8-10 %) respecto al testigo (A 5009 RG). De esta forma, al momento de la ocurrencia del evento climático de caída de granizo (65 DDS) el cultivar con la tecnología RR2 había alcanzado los niveles de IAF crítico (95% de cobertura) en cambio el cv A 5009 RG aún no estaba en esa condición. Por lo que ambos cultivares comenzaron su periodo crítico de definición del rendimiento (R3) con una cobertura del canopeo de aproximadamente 60%. En este sentido, Andrade y Sadras (2000) señalan como importante para la obtención de altos rendimiento que el cultivo comience su periodo crítico un más del 95% de intercepción de la radiación incidente, es decir que alcance el IAF crítico en este momento.

Luego de este evento de granizada, que generó un 38% de defoliación en el cv NS 5019 IPRO y 23% en A 5009 RG, se puede observar que la capacidad de recuperación de este último fue mayor, invirtiendo los valores de porcentaje de cobertura que se observaron previamente. Esto se debe, a que al ser dos variedades de hábito de crecimiento indeterminado, el cv A 5009 RG presentaba un menor desarrollo respecto al cv NS 5019 IPRO, pudo desplegar más cantidad de hojas nuevas cubriendo con anterioridad el surco.

Por último, se observó que el proceso de defoliación por senescencia hacia el fin de ciclo fue más acentuado en el cv NS 5019 IPRO.

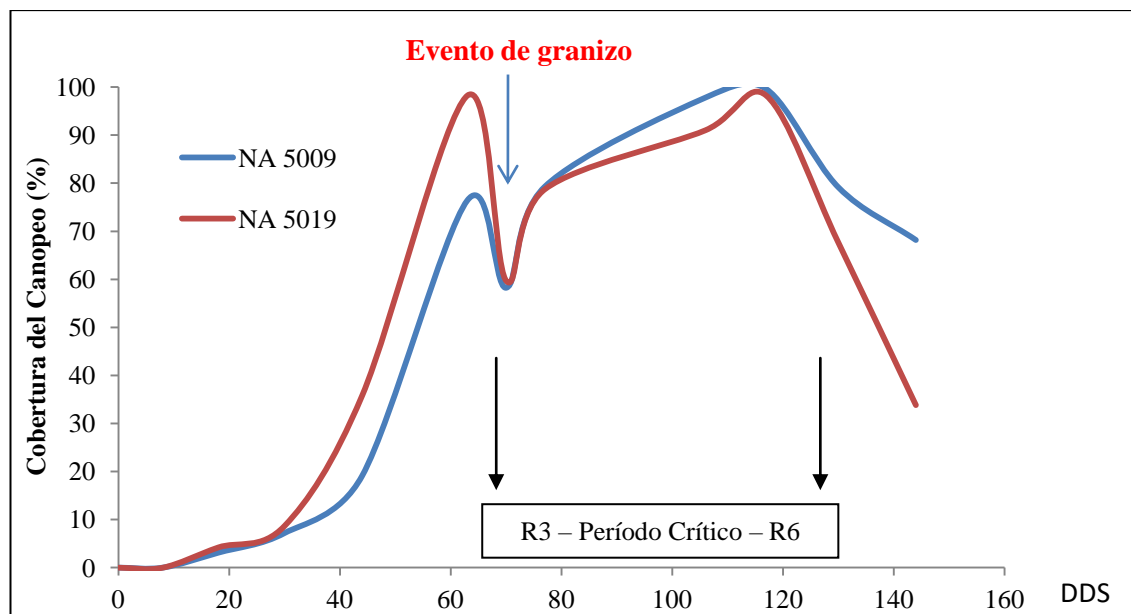


Figura 5. Cobertura de canopeo en función del tiempo después de la siembra (DDS) de las variedades de soja evaluadas.

Al igual que lo observado en la cobertura de canopeo, la biomasa aérea producida (Figura 6) comenzó siendo mayor en los estadios vegetativos y los primeros reproductivos en el cultivar NS 5019 IPRO. Luego del evento de granizo, se observó una disminución de la biomasa acumulada en ambas variedades. Posteriormente, la recuperación fue mayor en el cv A 5009 RG, alcanzando valores de biomasa acumulada superiores a los 1200 g m^{-2} , mientras que el otro cultivar acumuló valores máximos de 1000 g m^{-2} . Estos valores alcanzados son similares a los reportados en la región, como es el caso de Pastore (2014), quien registró en cultivares de soja de grupos de madurez III, IV y V biomasa de hasta 1600 g m^{-2} en condiciones de riego y de 800 g m^{-2} en secano.

Cabe destacar que durante el periodo crítico la variedad utilizada como testigo (A 5009 RG) tuvo valores de tasa de crecimiento del cultivo (TCC) por encima del cv NS 5019 IPRO. Esto contribuyó para alcanzar mayores valores finales de biomasa total acumulada y consecuentemente mayor rendimiento. En este sentido, es conocido que el rendimiento final del cultivo está altamente relacionado con la TCC durante el periodo de definición del principal componente numérico del rendimiento, el número de granos, es decir durante el periodo crítico (Andrade y Sadras, 2000; Kantolic *et al.*, 2004).

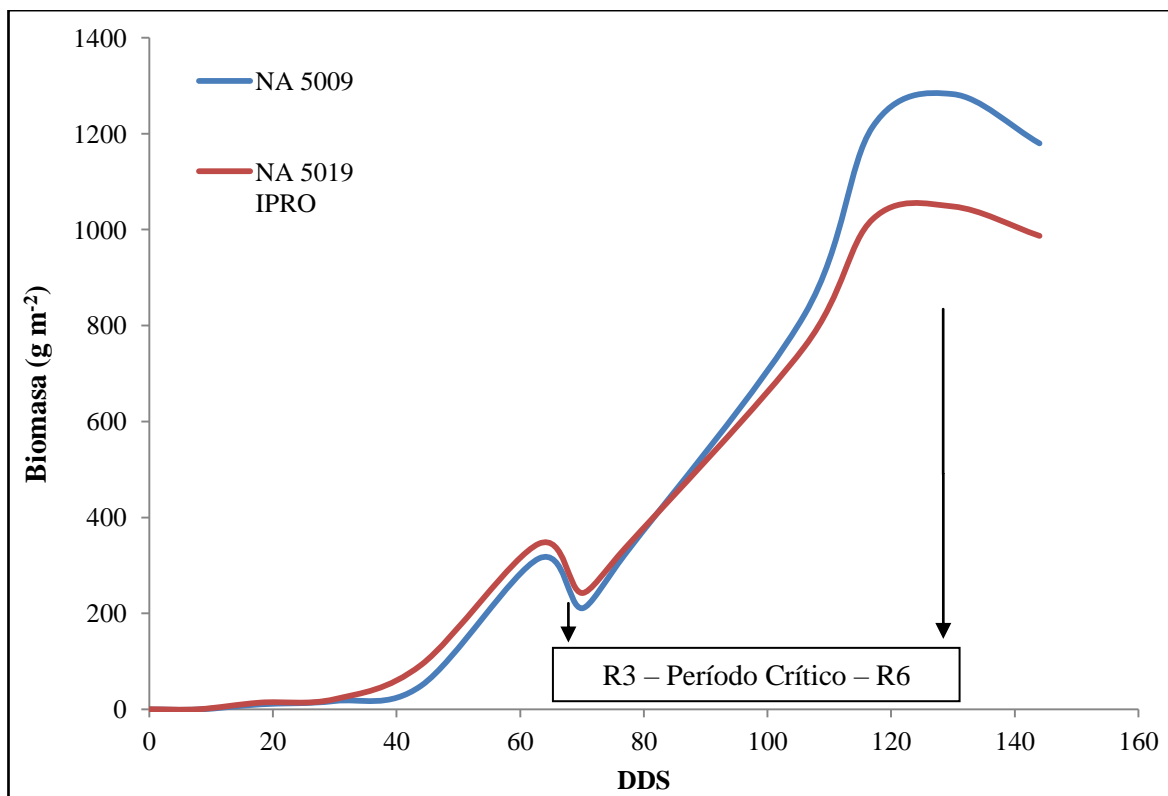


Figura 6. Biomasa total aérea acumulada en función del tiempo después de la siembra (DDS) de las variedades de soja evaluadas.

En la Figura 7 se observa la biomasa acumulada (g m^{-2}) por los cultivares en función de la cantidad de RFA acumulada interceptada por los mismos (MJ m^{-2}). El cv A 5009 RG acumuló un máximo de 1282 g m^{-2} de biomasa con 878 MJ m^{-2} de RFAi, mientras que NS 5019 IPRO logró acumular un máximo de 1048 g m^{-2} con 905 MJ m^{-2} de RFAi.

La eficiencia del uso de la radiación (EUR) -estimada como la pendiente entre biomasa acumulada y radiación fotosintéticamente activa interceptada por el cultivo (Andrade y Sadras, 2000)- fue mayor en el cv A 5009 RG ($1,52 \text{ g MJ}^{-1}$) que el cv NS 5019 IPRO ($1,2 \text{ g MJ}^{-1}$). Estos resultados son similares a los obtenidos por Pastore (2014) en la región, que registraron valores que variaron entre $1,17$ y $1,79 \text{ g MJ}^{-1}$, dependiendo de cultivares de soja evaluados y de la condición de riego o secano. A su vez, la bibliografía señala a este rango como valores de EUR normales para condiciones de secano (Kantolic *et al.*, 2004).

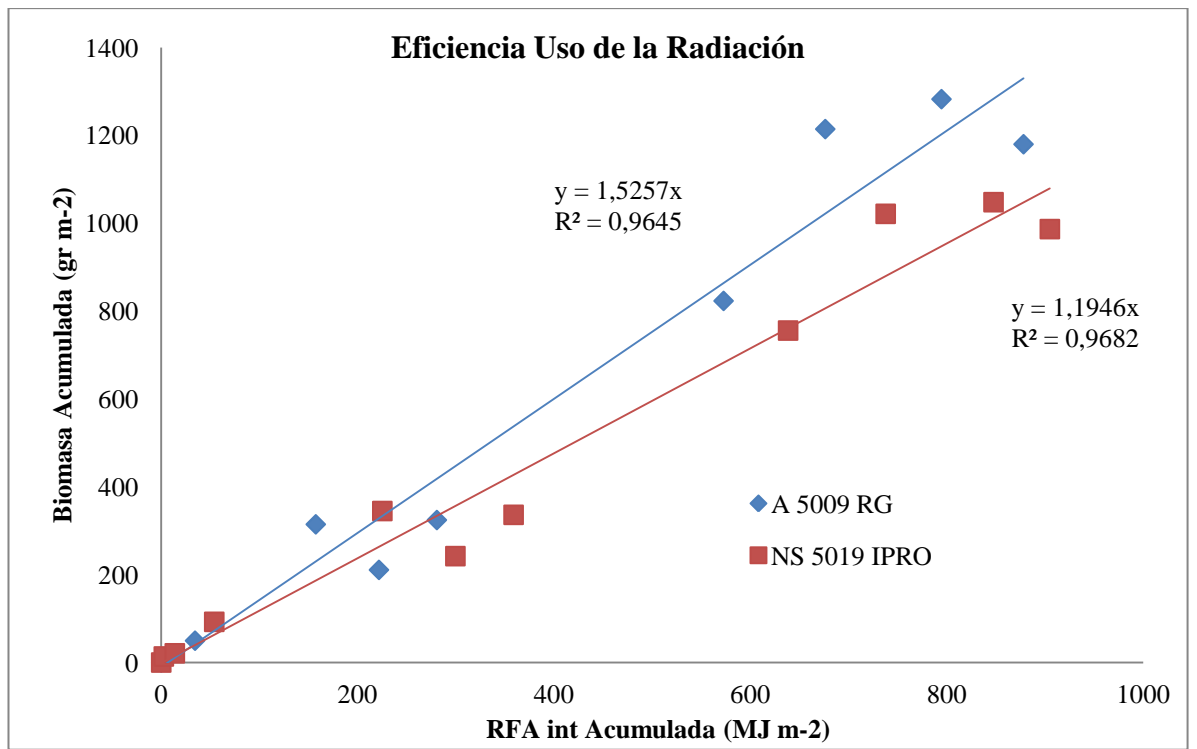


Figura 7. Eficiencia uso de la radiación (EUR) (g MJ^{-1}) para los cultivares A 5009 RG y NS 5019 IPRO durante el ciclo 2014/15.

La mayor EUR observada en el cultivar A 5009 RG estaría relacionada a la mejora del aparato fotosintético (cobertura del canopeo) observado después de la ocurrencia de granizo, que afectó proporcionalmente menos a este cultivar que a NS 5019 IPRO (Figura 5). En este sentido, Landler y Kantolic (2011) encontraron aumentos en la EUR por mayor disponibilidad de recursos, principalmente intercepción de la radiación, generados por distintos espaciamientos de siembra.

Bajo las condiciones agronómicas y ambientales en la que se realizó este trabajo de investigación, no se encontró efecto positivo en el cv NS 5019 IPRO con tecnología RR2 respecto al cv A 5009 RG con la tecnología RR1 sobre las variables ecofisiológicas de eficiencia de intercepción (*ei*), medida como cobertura del canopeo y EUR que definen el rendimiento potencial del cultivo. Estos resultados no coinciden con lo señalado en la bibliografía (Zobiole *et al.*, 2011; Monsanto, 2017) que señalan la mejora de estos aspectos de la fisiología del cultivo con el cambio de biotecnología. Cabe remarcar que para el correcto análisis del efecto de estos eventos biotecnológicos se deberían utilizar isolíneas (genéticamente idénticas) en la que solo cambie esta tecnología.

Para los componentes numéricos indirectos del rendimiento final, se observaron algunas diferencias entre los cultivares analizados (Cuadro 4). Se detectó mayor altura de la planta y número de frutos fijados por unidad de superficie a favor del cv A 5009 RG, mientras que el cv NS 5019 IPRO presentó un mayor número de granos por fruto. Para otras

de las variables analizadas, número de ramas y nudos fértiles por superficie y número de frutos fijados por nudo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares ($p > 0,05$).

Cuadro 4. Componentes del rendimiento del cultivo de soja de los cultivares A 5009 y NS 5019.

Cultivar	Altura (cm)	Ramas m ⁻²	Nudos m ⁻²	Frutos m ⁻²	frutos nudo ⁻¹	granos fruto ⁻¹
A 5009	54,1 a	34,6	716,6	1514,9 a	2,16	2,03 b
NS 5019	44,0 b	44,0	690,8	1152,8 b	1,70	2,19 a
CV	11,6	23,6	22,4	20,8	20,2	3,9
p-valor	0,0106	0,1075	0,7869	0,0445	0,0810	0,0073
DMS	7,2	11,9	206,7	370,5	0,52	0,106

Para cada variable, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). CV: coeficiente de variación (%) y DMS: diferencia mínima significativa según test LSD de Fisher ($\alpha=0,05$).

Los componentes directos del rendimiento de los cultivares evaluados presentaron diferencias estadísticas las cuales se describen a continuación. En la figura 8 se muestra el número de granos m⁻² de ambos cultivares. El análisis estadístico de este componente mostró diferencias significativas ($p = 0,0111$) a favor del cv A 5009 RG (>22%) respecto al cv NS 5019 IPRO.

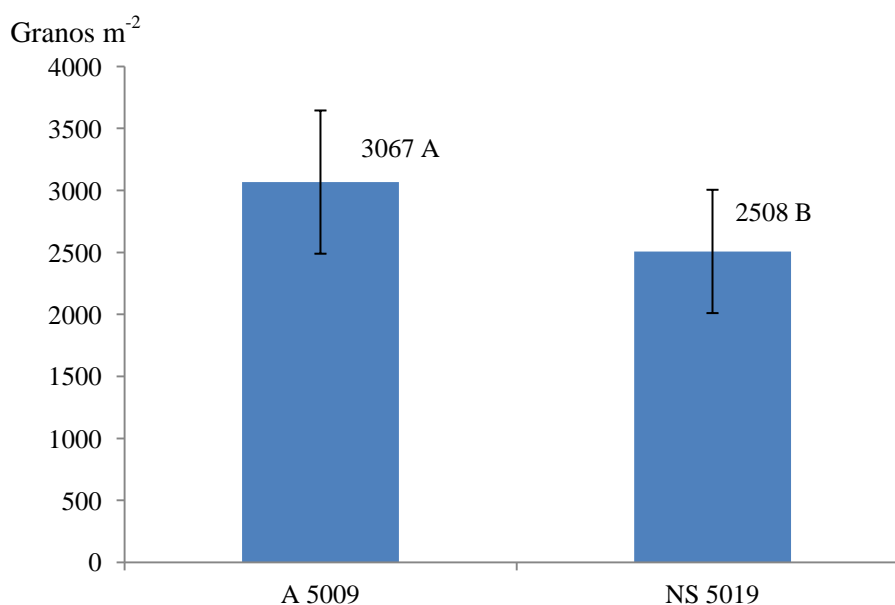


Figura 8. Número de granos m⁻² en los cultivares A 5009 RG y NS 5019 IPRO. Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD de Fisher ($\alpha=0,05$).

Por su parte, el peso individual de los granos no tuvo diferencias significativas ($p=0,6357$) entre los cultivares (Figura 9). El valor medio fue de 16,7 g (corregido a una

humedad constante de 13,5 %). Si bien el máximo peso individual de los granos es una característica altamente ligada a la genética (Andrade y Sadras, 2000), también está influenciada por la disponibilidad de asimilados durante el período de crecimiento lineal de los granos. Estos resultados son similares a los encontrados en ambos cultivares de este estudio -que crecieron bajo las mismas condiciones ambientales (Cuadro 2)- que confirman la asociación entre la radiación solar incidente acumulada durante el período de llenado de los granos (R5 y R7) –es decir la capacidad de producir fotoasimilados- y el peso promedio de los mismos (Kantolic *et al.*, 2004).

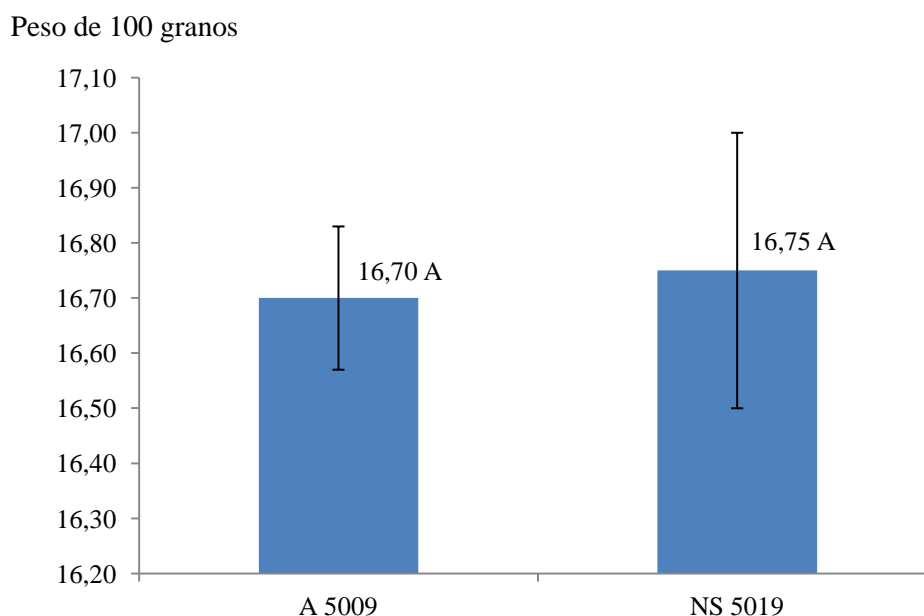


Figura 9. Peso promedio de 100 granos (g) en los cultivares A 5009 RG y NS 5019 IPRO. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test LSD de Fisher ($\alpha=0,05$).

La figura 10 muestra el rendimiento (kg ha^{-1}) de los cultivares en estudio. En el análisis estadístico se determinaron diferencias significativas ($p = 0,0004$), a favor del cv A 5009 RG, que obtuvo un rendimiento 19,5 % (709 kg ha^{-1}) superior al cv NS 5019 IPRO.

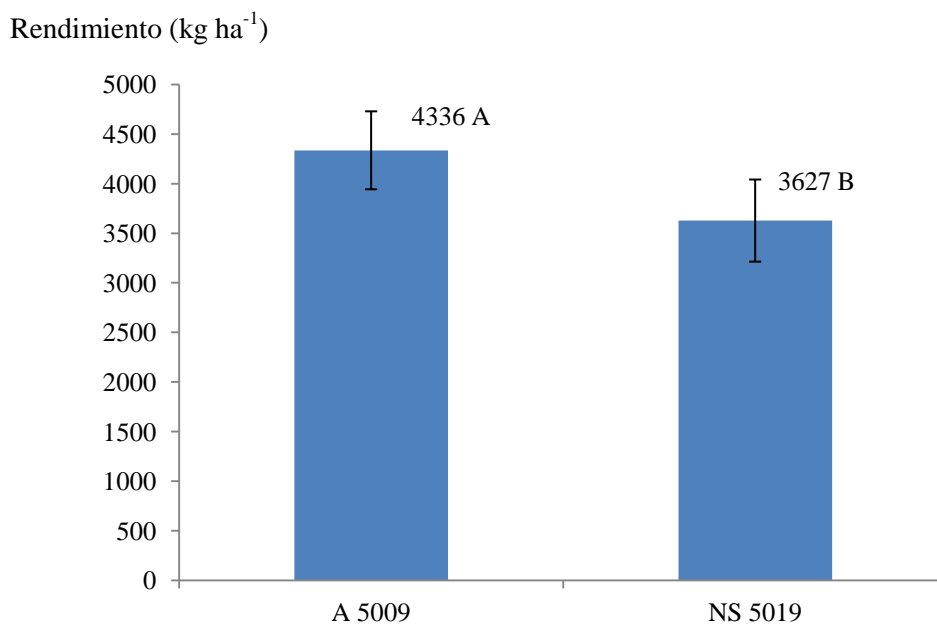


Figura 10. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) a humedad constante de 13,5% en los cultivares A 5009 RG y NS 5019 IPRO. Letras distintas indican diferencias significativas según test LSD de Fisher ($\alpha=0,05$).

El mayor rendimiento observado en A 5009 RG estuvo más asociado con el número de granos por unidad de superficie ($R^2= 0,49$) que con el peso de los granos ($R^2= 0,03$) (datos no mostrados), en coincidencia con lo señalado por otros autores (Kantolic *et al.*, 2004; Lander y Kantolic 2011; Pastore, 2014). El mayor número de granos a cosecha en A 5009 RG estuvo, a su vez, relacionado al mayor número de frutos por superficie.

Este mejor comportamiento agronómico del cultivar A 5009 RG indica la alta adaptabilidad del cultivar a las condiciones locales de producción, en coincidencia con lo expresado por los productores del Centro - Sur de la Provincia de Córdoba (AAPRESID, Regional Río Cuarto – Córdoba, comunicación personal).

Por otro lado, no se pudo observar mejoras del rendimiento debidas al cambio de tecnología de RR1 a RR2. Una de las posibles causa puede ser que no se trabajó con isolíneas, como se mencionó anteriormente, y que las características genotípicas de A 5009 RG sean superiores a su par NS 5019 IPRO independientemente de los eventos biotecnológicos de cada uno de los cultivares.

Según diferentes trabajos estos aumentos del rendimiento al utilizar la tecnología RR2 no son del todo categóricos. En este sentido, Monsanto (2017) presenta una base de datos de comparación de cultivares con características similares (mejor variedad con tecnología INTACTA RR2 PRO vs la mejor variedad con tecnología RR1 dentro de cada grupo de comparación y localidad), como es el caso de este trabajo (A 5009 RG vs NS 5019 IPRO); en esos ensayos a escalas de lotes de producción en la campaña 2015/2016 reportaron que en el 85% de los casos evaluados en el país (un total de 301 lotes) las variedades INTACTA RR2 PRO tuvieron rendimientos superiores a sus pares con tecnología

RR1. Así, para un total de 888 ensayos que se realizaron hasta el momento (desde la campaña 2014/15) el rendimiento promedio de los cultivares INTACTA RR2 PRO fue superior a las de tecnología RR1 en 269 kg ha⁻¹, 4064 vs 3795 kg ha⁻¹, respectivamente. Cabe aclarar que en estos ensayos están sumadas las tecnologías BT y RR2 en los cultivares INTACTA RR2 PRO.

Por otro lado, y en coincidencia con lo encontrado en este trabajo, hay registros en la bibliografía que muestran otros resultados. Massoni *et al.* (2013) en las condiciones ambientales de Rafaela - Santa Fe, con baja densidad de isocas defoliadoras, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en los rendimientos entre DM 5.9i RR1 e INTACTA 5.8 RR2 PRO. De igual manera, ensayos realizados por el grupo CREA Norte de Buenos Aires durante el ciclo 2015/2016 (CREA, 2017) con 5 cultivares INTACTA RR2 PRO y 9 cultivares RR1, indicaron que con un adecuado manejo de insectos a partir de la aplicación de dos a tres productos residuales durante el ciclo del cultivo, se despejó el efecto de la tecnología BT y permitió comparar el aporte de la genética al rendimiento. En esa situación, no observaron incrementos de rendimiento con la tecnología RR2 en 12 ensayos. Anselmino *et al.* (2015) describen para la Región de Marcos Juárez (Córdoba), donde la presión de la plaga no fue severa, no se justificó económicamente la utilización de la RR2 IPRO (DM 4614 IPRO), pudiendo obtener mejores rendimientos y márgenes económicos con la RR1 tradicional (DM 4612 RR1).

CONCLUSIONES

Contrariamente a lo planteado en la hipótesis, bajo las condiciones agronómicas y ambientales en la que se realizó este trabajo de investigación, no se encontró efecto positivo en la eficiencia de uso de la radiación (EUR) con la utilización del cultivar NS 5019 IPRO con tecnología RR2 respecto al cv A 5009 RG con la tecnología RR1, quien tuvo una EUR más alta durante el ciclo del cultivo.

De igual manera se observó un mayor rendimiento final en A 5009 RG, que estuvo asociado con aumentos del número de granos por unidad de superficie, a su vez relacionado al mayor número de frutos fijados.

Posibles causas del mejor comportamiento del cultivar con tecnología RR1 (A 5009 RG) pueden estar dadas por la ocurrencia de un evento de granizo al comienzo del periodo crítico del cultivo que afectó proporcionalmente más al cultivar NS 5019 IPRO ya que tenía un estado fenológico más avanzado en ese momento, por lo tanto, el cv A 5009 RG tuvo mayor capacidad de recuperación.

Por otro lado, no se pudo observar mejoras del rendimiento debidas al cambio de tecnología de RR1 a RR2. Una de las posibles causa puede ser que no se trabajó con isolíneas (materiales genéticos idénticos) y que las características genotípicas de A 5009 RG sean superiores a su par NS 5019 IPRO independientemente de los eventos biotecnológicos de cada uno de los cultivares. Así, el mejor comportamiento agronómico del cultivar A 5009 RG indica una alta adaptabilidad a las condiciones locales de producción, en coincidencia con lo expresado por los productores de la región.

En base a estos resultados y de otros ensayos similares que no muestran resultados categóricos con respecto a la utilización de la tecnología RR2 y que son altamente dependientes de otros factores agronómicos que influyen sobre el cultivo, se considera pertinente continuar investigando sobre esta temática.

Cabe destacar que la tecnología INTACTA es muy beneficiosa para el medio ambiente debido a que permite disminuir la aplicación de insecticidas al cultivo, también para la utilización en zonas periurbanas disminuyendo la aplicación de agroquímicos en estas zonas sensibles a dicha práctica, entre otros beneficios que puede proporcionar.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ACSOJA. 2012. Información para productores y semilleros - La importancia económica de la soja. En: www.francomanoplicardi.com.ar/news/004_abril_2008/04_21a125/03_agricultura_ACSOJA_ImportanciaEconomica.htm. Consultado: 07/09/2014.
- ANDRADE, F.E. y V.O. SADRAS. 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En: ANDRADE, F.E. y V.O. SADRAS (editores). *Bases para el manejo del cultivo del maíz, el girasol y la soja*. Cap. 7. p: 173-206.
- ANSELMINO, G.; C. FRAIZ y G.A. MANERO. 2015. *Análisis económico entre variedades de soja Intacta RR2 PRO y RR1 en la zona de Marcos Juárez*. TFG FCA – UNC. En: rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2587. Consultados: 07/08/17.
- BAIGORRI, H.; I. CIAMPITTI y F. GARCÍA. 2009. Manejo del cultivo de Soja. En: F. GARCÍA, F.; I. CIAMPITTI y H. BAIGORRI. *Manual de manejo del cultivo de soja*. IPNI. p: 17-32.
- BAIGORRI, H. 2004. Criterios generales para la selección y el manejo de cultivares en el cono sur. En: Díaz Zorita y Duarte (Editores). *Manual práctico para la producción de soja*. Hemisferio Sur. Cap. 2, p: 39-78.
- CAVIGLIA O.P.; V.O. SADRAS y F. ANDRADE. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas. I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. *Field Crops Res.*, 87: 117-129.
- CREA. 2017. Ensayos comparativos de variedades Soja RR1 y RR2Bt Campaña 2015/16 - Plan Zonal y Nacional AACREA- Tecnologías de producción en la Zona Norte de Bs. As.
- COOPERATIVA AGROPECUARIA LA VIOLETA LTDA. 2017. Ensayo de sojas con tecnología INTACTARR2 Pro (Licencia Monsanto). En: docplayer.es/39119880-Ensayo-campo-demostrativo.html. Consultado: 10/03/17.
- DI RIENZO, J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL www.infostat.com.ar.
- FEHR, W.R. y C.E. CAVINESS. 1977. Stages of soybean development. Special Report. 87. Iowa State University, Ames, Iowa. 11 p.
- GIORDA, L y H. E. BAIGORRI. 1997. *El cultivo de soja en Argentina*. INTA. 448 p.
- INTA. 1993. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-20 Ucacha.
- JUSTINIANO, W., FERNANDES, M.G. y C.L.T.P. VIANA. 2014. Diversity, Composition and Population Dynamics of Arthropods in the Genetically Modified Soybeans Roundup

- Ready® RR1 (GT 40-3-2) and Intacta RR2 PRO®(MON87701 x MON89788). *Journal of Agricultural Science*, 6(2): 33.
- KANTOLIC, A.; P. GIMENEZ y E. de la FUENTE. 2004. *Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de soja*. En: SATORRE, E. et al. *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. 2da edición. Ed. FAUBA, Buenos Aires. p: 167-195.
- LANDLER, M.T. y A.G. KANTOLIC. 2011. Generación del rendimiento de soja (*Glycine max*) en planteos con diferente distribución espacial. En: Actas Mercosoja 2011: Quinto congreso de la Soja del Mercosur – Primer Foro de la Soja Asia – Mercosur.
- LOBELL, D., K. CASSMAN y C. FIELD. 2009. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes and Causes. *The Annual Review of Environment and Resources*, 34: 179-204.
- MAGyP. 2016. Datos Abiertos Agroindustria – Producción Estimaciones - Total país - Soja. En: <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Consultado: 02-05-2017.
- MASSONI, F. A., G. SCHLIE y J.E. FRANA. 2013. Cultivo de soja Bt (RR2 PRO) y convencional (RR1) expuestos a poblaciones naturales de organismos plaga y depredadores. *Publicación Miscelánea Información Técnica de Cultivos de Verano. Campaña, 14*. En: www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2015/01/Soja-Bt-vs-convencional-expuestos-a-organismos-plaga-y-depredadores_MASSONI_F-4.pdf. Consultado: 07/08/17.
- MCPHERSON, R. M., y T.C. MACRAE. 2009. Evaluation of transgenic soybean exhibiting high expression of a synthetic *Bacillus thuringiensis cry1A* transgene for suppressing lepidoptera population densities and crop injury. *Journal of Economic Entomology*, 102(4): 1640-1648.
- MONSANTO. 2017. Beneficios Intacta RR2 PRO. En: www.intactarr2pro.com.ar/ Consultado: 02/06/2017.
- NIDERA SEMILLAS. www.niderasemillas.com.ar/NideraSemillas/soja_detalle.aspx?id=93. Consultado: 27/08/15
- OKLAHOMA STATE UNIVERSITY. 2017. Canopeo. Plant and Soil Sciences department - Oklahoma State University, USA. En: appcenter.okstate.edu/content/canopeo. Consultado: 07/08/2017.
- PASTORE, M.E. 2014. *Efecto de las condiciones hídricas sobre la EUR en diferentes grupos de madurez de soja*. TFG. FAV-Universidad Nacional de Río Cuarto. 33p.
- SATORRE, E. 2003. El libro de la Soja. AACREA - AAPRESID. Buenos Aires. p 1.
- SCREMINI, G. 2013. Jornadas de Soja Intacta RR2 Pro. En: www.agroterra.com.uy/novedades_1.php?id=82. Consultado: 26/08/14.

- SEILER, R.A., R. FABRICUIS, V. ROTONDO y M. VINOCUR. 1995. Agroclimatología de Rio Cuarto- 1974/1993- Vol. I. 1, UNRC. 68 p.
- VAN ITTERSUM, M.K. y R. RABBINGE. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research*, 52: 197-208.
- ZABLOTOWICZ R.M., y K.N. REDDY. 2007. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. *Crop Protec.*, 26: 370–376.
- ZOBIOLE, L.H.; R.J. KREMER; R.S. OLIVEIRA y J. CONSTANTIN. 2011. Glyphosate affects chlorophyll, nodulation and nutrient accumulation of “second generation” glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). *Pesticide biochemistry and physiology*, 99(1): 53-60.

ANEXO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Modelo:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Cada observación (y_{ij}) está afectada por un efecto medio (μ), un efecto de tratamiento (α_i), un efecto de bloque (β_j) y por el efecto de una variable aleatoria (ε_{ij}).

y_{ij} = Rendimiento de soja (kg/ha) obtenida en la unidad experimental perteneciente al bloque **j** a la que se aplicó el tratamiento **i**.

μ = Media poblacional de la variable dependiente

α_i = Efecto debido al tratamiento i (representa el efecto del nivel i del factor cuyo efecto se quiere conocer) ($i = 1, 2$)

β_j = Efecto debido al bloque j ($j = 1, 2$)

ε_{ij} = Variable aleatoria debida al error entre u.e. con el mismo tratamiento.

Esta variable tiene $\sim N(0; \sigma_e^2)$ (Efecto no controlado - residuo u error)

μ, α_i, β_j = Parámetros del modelo

y_{ij}, ε_{ij} = Variables dependiente y aleatoria respectivamente

Hipótesis científica:

“Los cultivares de soja de grupos de madurez V con la biotecnología INTACTA RR2 PRO alcanzan mayores rendimientos que los que tienen la tecnología RR1”

Hipótesis estadística:

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

$$H_a: \alpha_i \neq 0, \forall i$$

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$$

$$H_a: \text{Algún } \beta_j \neq 0; \forall j$$