

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al
Grado de Ingeniero Agrónomo

Modalidad: Proyecto

**Incidencia de la defoliación artificial sobre el rendimiento del
cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).**

Álvarez Francisco
33359008

Director: Boito, Graciela
Co-Director: Giuggia, Jorge

Río Cuarto – Córdoba
Marzo/2015

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Incidencia de la defoliación artificial sobre el
rendimiento en el cultivo de soja (*Glycine max* L.
Merrill) Campaña 2012-13**

**Álvarez Francisco
33359008**

**Director: Boito, Graciela
Co-Director: Giuggia, Jorge**

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

Giayetto, Oscar _____
Kearney, Marcelo _____
Boito, Graciela _____

Fecha de presentación:

Secretario Académico

INDICE GENERAL

Resumen.....	IV
Summary	VI
Introducción	1
Hipótesis	6
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos:	6
Materiales y métodos	7
Resultados y discusión.....	10
Conclusiones.....	18
Bibliografía	19

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño del ensayo realizado a campo.....	7
Figura 2. Vista del ensayo a campo. Comienzo de la defoliación artificial en la etapa R3.	8
Figura 3. Tratamientos de defoliación realizados.	9
Figura 4. Número de granos por vaina para los diferentes niveles de defoliación (%) en los dos estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.....	10
Figura 5. Número de vainas por planta para los diferentes niveles de defoliación (%) en los dos estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.....	12
Figura 6. Peso de mil granos para los diferentes niveles de defoliación (%) en los estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.	13
Figura 7. Rendimiento en qq/ha para los diferentes niveles de defoliación (%) en los dos estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.	15

Figura 8. Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por distintos niveles de defoliación en los dos estados fenológicos evaluados.....	17
--	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vainas entre los diferentes niveles de defoliación en el estadio fenológico R3.....	11
Tabla 2. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vainas entre los diferentes niveles de defoliación en el estadio fenológico R5.5.....	11
Tabla 3. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de vainas por planta entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R3.....	12
Tabla 4. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de vainas por planta entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R5.5.....	13
Tabla 5. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de mil granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R3.	14
Tabla 6. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de mil granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R5.5.....	14
Tabla 7. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R3.	16
Tabla 8. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R5.5.	16
Tabla 9. Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por distintos niveles de defoliación en los dos estadios fenológicos evaluados.....	17

RESUMEN

Las defoliaciones realizadas al cultivo de soja en diferentes momentos de su etapa reproductiva afectan de distinta manera el rendimiento. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el impacto sobre el rendimiento de diferentes grados de defoliación artificial producidos a un cultivar de soja, en diferentes etapas reproductivas del cultivo. El estudio se desarrolló en el campo experimental de la UNRC durante la campaña agrícola 2012-13 con el cultivar Nidera A 5009 (GM V corto). Se utilizó un diseño en bloques completamente aleatorizados, con 5 tratamientos de defoliación y 5 repeticiones, en dos estados fenológicos: R3 y R5.5. En cada parcela se establecieron 3 unidades muestrales de 0,5 m² para la posterior defoliación manual de las plantas extrayendo folíolos para lograr el porcentaje deseado. El cultivo se mantuvo libre de plagas y enfermedades foliares aplicando insecticidas y fungicidas apropiados. A madurez se recolectaron las plantas de cada unidad muestral y se procedió a cuantificar los parámetros: número de vainas/planta y número de granos/vainas, luego se procedió a la trilla con una trilladora estática evaluándose peso de mil granos y el rendimiento por unidad experimental. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y test de comparación de medias (LSD Fisher) utilizando el programa estadístico Infostat para establecer diferencias entre los tratamientos. Se encontró que tanto en el estado de R3 como en el estado de R5.5, las variables número de vainas por planta, número de granos por vainas, peso de mil granos y rendimiento se vieron afectadas por los daños ocasionados por las defoliaciones artificiales. Además con defoliaciones de hasta el 30 por ciento la disminución del rendimiento obtenida fue mayor en R3; pero con niveles más altos de defoliación las diferencias de pérdidas entre estadios fueron menores.

Palabras clave: Soja - Defoliación artificial – Rendimiento

SUMMARY

The defoliations made to the soybeans in different times of its growth stage affects the yield in different ways. The aim of this study was to quantify the impact of the yield in different degrees of artificial defoliation on soybeans in different stages of development. This project was developed at UNRC experimental field during the growing season 2012-13 with the Nidera A 5009 (GM V short). A complete randomized block design was used with five defoliation treatments and five replicates, in two different phenological stages: R3 and R5.5. Three sample units of 0.5 m² were established in each plot. Afterwards, the plants were defoliated manually removing the leaflets in order to achieve the desired percentage. The cultivation was kept free from pests and foliar diseases by applying the appropriate insecticides and fungicides. Once ripe, plants of each sampling unit were collected and the parameters were quantified: number of pods/plant and number of seeds/pods. Then, the threshing was carried out the weight of 1,000 grains and their yield for experimental unit was evaluated. The data was analysed through variance and mean comparison test (LSD Fisher) using the statistical program Infostat with the purpose of establishing differences among the treatments. It has been found that the state of R3 as well as R5.5 status, the variable number of pods per plant, the number of grains per pot, the 1,000 grain weight and the yield, have been affected by the damage caused by the artificial defoliation. Furthermore with defoliations up to 30 percent the reduction of the yield was higher in R3. However, with higher levels of defoliation, the loss differences between the stages were lower.

Keywords: Soybean - Artificial defoliation - Yield

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la agricultura en nuestro país experimentó cambios significativos, el escenario agrícola fue dominado por la expansión del cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (Leguminosae). 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)

Para la temporada 2010-2011, la superficie sembrada con soja en el país fue de 18.886.634 has, con una superficie cosechada de 18.749.612, la producción estuvo alrededor de los 48.878.771 tn, con un rendimiento medio de 2600 kg/ha (MAGyP, 2011).

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, es una especie de días cortos con respuesta cuantitativa. El tallo es rígido y erecto, adquiere 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 alcanzar hasta un metro de profundidad) 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. Las hojas son alternas y trifoliadas y las flores que son de color blanquecino o purpura, 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 (Kantolic *et al.*, 2004).

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 rendimiento son: el genotipo (características de cada cultivar), 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. Los factores reductores son: malezas, enfermedades y plagas y son los que determinan el rendimiento real (Kantolic *et al.*, 2004).

Del total de recursos que se incorporan al sistema, una parte se destina a órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas) y sólo una proporción de la biomasa, representada por el índice de cosecha (IC) es lo que finalmente compone el rendimiento (Soldini, 2008). El rendimiento es el producto de sus dos componentes principales: el número de granos (NG) por unidad de superficie y el peso de los granos (PG); si bien existen compensaciones entre estos componentes, guardan cierta independencia entre sí, que permite suponer que un aumento en cualquiera de los dos puede producir un aumento en el rendimiento. Sin embargo, en un rango amplio de condiciones agronómicas el NG es el componente que mejor explica las variaciones en el rendimiento. Un estrés durante R3-R6 afecta significativamente el NG, un estrés tardío (R6-R6.5) afecta principalmente la acumulación de materia seca en los granos (PG) (Kantolic *et al.*, 2004).

La cantidad total de materia seca producida y la proporción de la misma que se almacena en las semillas resulta fundamental para la producción de granos. A partir de la expansión de la primera hoja trifoliada se construye la maquinaria fotosintética, principal mecanismo que interviene en la formación de las vainas y los granos. Por lo tanto, para aumentos de la productividad de un cultivo, es indispensable alcanzar suficiente área foliar para lograr que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente, ya que ésta es la fuente de energía para la producción de materia seca (Tuttolomondo *et al.*, 2008).

La soja, a diferencia de otras especies como el maíz, posee una gran plasticidad vegetativa y reproductiva. No obstante, la fijación de granos es muy sensible a la disponibilidad de recursos y cuando existen condiciones limitantes, como la falta de integridad del aparato foliar para interceptar radiación, se pierde eficiencia en los procesos fisiológicos, afectándose la acumulación de materia seca y por ende el rendimiento. Si bien el número de granos es el componente más asociado al rendimiento, es importante destacar que a medida que la soja progresa hacia nuevas etapas reproductivas, la capacidad de compensación ante situaciones de estrés disminuye y las pérdidas potenciales de rendimiento se incrementan por reducción del número y peso de granos (Tuttolomondo *et al.*, 2008).

La presencia tanto de malezas como plagas o enfermedades a lo largo del ciclo del cultivo, contribuirán a la caída del rendimiento del mismo.

En Argentina, los insectos defoliadores constituyen las plagas más importantes del cultivo de soja. Entre las especies más importantes por su frecuencia de aparición y abundancia podemos citar a *Rachiplusia nu* Guenée (oruga medidora) y *Anticarsia*

gemmatalis Hübner (oruga de las leguminosas). La primera se ubica preferentemente en el estrato inferior del canopeo, mientras que *A. gemmatalis* en el estrato superior. El tipo de daño es diferente entre ambas especies, *A. gemmatalis* no respeta las nervaduras secundarias, mientras que *R. nu* come entre las nervaduras secundarias y da un aspecto de encaje al foliolo dañado. Existen otras especies de aparición esporádica, que pueden provocar defoliaciones importantes: *Spodoptera frugiperda* Smith (oruga militar tardía), *Dichroplus spp* (tucuras), *Megascelis spp* (vaquitas fitófagas), *Loxostege bifidalis* Fabricius (oruga de la verdolaga y el yuyo colorado), *Spilosoma virginica* Fabricius (gata peluda norteamericana), *Spodoptera latifascia* Walker (oruga de las vainas), *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar (isoca bolillera) y *Pseudoplusia includens* Walker (falsa medidora).

El daño de todas estas especies implica pérdida de área foliar. La disminución de rendimiento del cultivo de soja debido a la defoliación ocurre a través de la pérdida de área foliar y su impacto sobre el IAF y consecuentemente la intercepción de la luz por el canopeo, durante el periodo reproductivo del cultivo.

Board *et al.* (1994) encontraron que la disminución de rendimiento del cultivo de soja debido a la defoliación ocurre a través de la pérdida de área foliar y sus efectos subsecuentes sobre la planta: menor intercepción de luz, menor capacidad fotosintética, pérdida de material almacenado en hoja y acortamiento del período de llenado de granos.

La soja disminuye linealmente el rendimiento frente a la pérdida de área foliar debajo de 85% de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa (PAR). En R5 ocurren pérdidas significativas del rendimiento cuando los valores de intercepción de luz son menores de 95% (Perotti y Gamundi, 2007).

Cabe destacar que ésta pérdida de rendimiento por la defoliación es más acentuada en siembras de segunda, debido a la menor tolerancia del cultivo ante el daño foliar. El porcentaje de defoliación no predice el rendimiento con la precisión que lo hace el área foliar remanente luego de una defoliación (Perotti y Gamundi, 2006).

Turnipseed (1972) estudió la incidencia de diferentes niveles de defoliación sobre el rendimiento en el cultivo de soja, encontrando que defoliaciones menores a un tercio del área foliar no afectan el rendimiento, mientras que con pérdidas del 67% del área foliar durante el período reproductivo se encontraron las mayores reducciones.

Gazzoni y Minor (1979) estudiaron el efecto de una defoliación artificial en soja sobre el rendimiento y sus componentes. Reportaron que el rendimiento por hectárea decrece cuando se aplican niveles de defoliación elevados (66% y 100%) en los estadios más avanzados del cultivo. Estas reducciones fueron debidas principalmente a una disminución

del número de vainas y al peso de la semilla, que fueron los componentes más afectados por los tratamientos.

Gazzoni y Moscardi (1997) estudiaron el efecto de diferentes niveles de defoliación sobre la recuperación del AF, el rendimiento y otras características agronómicas del cultivo de soja. Se aplicaron cuatro niveles de defoliación (0, 33, 67 y 100%) en cuatro estados de desarrollo (V3, V8, R2 y R6) del cultivo de soja. La defoliación se realizó de forma manual mediante el corte de un folíolo de cada hoja en cada 33% de defoliación aplicada. El rendimiento solo fue afectado por 67 y 100% de defoliación en R6 reduciéndolo en un 25 y 38%, respectivamente.

Aragón (2003) encontró que defoliaciones de un tercio del área foliar en estado vegetativo o de plena floración (R2) no provocan mermas significativas del rendimiento y que 15 a 17% de defoliación no causan daño en ningún estado de desarrollo. Las pérdidas en los rendimientos pueden ocurrir con defoliaciones mayores a partir de floración y del inicio del llenado de grano (R5). A partir de R6 la tolerancia vuelve a incrementarse.

Board (2004) evaluó diez cultivares de soja (GM IV al VII) y concluyó que en R6 es necesario mantener un 95% de intercepción de la radiación para evitar pérdidas significativas de rendimiento.

Perotti y Gamundi (2006) en siembras de primera época, estudiaron la incidencia de la defoliación artificial (0, 33, 67 y 100%), en dos estados fenológicos: R1-R2 y R5, utilizando cultivares de GM III, IV y V, en tres espacimientos entre líneas (35, 52 y 70cm). Se comprobó que en R1 - R2 los rendimientos de los cultivares del GM III (DM3700) y GM V (A5520) fueron afectados significativamente a partir del 67% de defoliación. La interacción espaciamiento por nivel de defoliación no fue significativa, lo cual indica que la pérdida de área foliar tuvo los mismos efectos independientemente del espaciamiento. Estos resultados muestran que la capacidad de compensar los daños por defoliación permite un amplio margen de tolerancia en la etapa previa a la formación de granos. En cambio en la etapa de llenado de granos (R5), en la mayoría de los tratamientos, el 33% de defoliación provocó mermas importantes en el rendimiento.

Perotti y Gamundi (2007) evaluaron la incidencia de una defoliación natural sobre el rendimiento y sus componentes, en cultivares de soja de los grupos de madurez III, IV y V. Encontraron que los cultivares respondieron de igual forma independientemente del nivel de defoliación. Además se registró una tendencia decreciente del rendimiento con el incremento de los niveles de defoliación, afectándolo significativamente a partir del nivel medio (aproximadamente 27%).

Gregorutti *et al.* (2008) muestran que las defoliaciones artificiales son útiles para simular el nivel de reducción de rendimiento producido por adversidades que no afecten la eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Ellos evaluaron el impacto de cuatro niveles de defoliación (DEF) (0, 33, 66, 100%) realizadas en dos momentos (R3 y R5), y tres ubicaciones en la canopia (tercio medio, superior y defoliación uniforme). Se evaluó el rendimiento en granos, sus componentes numéricos y la intercepción de la radiación en R5.5. Concluyen que el rendimiento, el peso (PG) y el número de granos por m² (NG) fueron afectados por el nivel de DEF de manera diferente según el estadio en el que la defoliación fue realizada. La DEF en R3 redujo el rendimiento y el NG (13, 20 y 90%), en relación con el testigo, mientras que la DEF en R5 no tuvo diferencias significativas. La DEF en R3 redujo el PG en un 32% sólo en el tratamiento de DEF uniforme, mientras que en R5 el PG fue afectado también por la ubicación en la canopia. En efecto, el PG disminuyó un 22% con un 66% de DEF uniforme en la canopia realizada en R5, en contraste con los tratamientos con el mismo nivel del tercio medio e inferior. El PG disminuyó, en el promedio de los tratamientos, 0,44% por cada 1% de reducción en la intercepción de la radiación en R5.5. La ubicación de la DEF en la canopia sólo tuvo impacto en el PG cuando se redujo la intercepción de la radiación en estadio de R5.

Tuttolomondo *et al.* (2008) evaluaron tratamientos con defoliaciones leves y severas en distintos momentos del ciclo del cultivo R3 y R5.5. Se efectuaron tres intensidades de defoliación: 0% (testigo), 33%, 66% y 99%. Las variables analizadas fueron: rendimiento (kg/ha), número de semilla/m² y peso de semilla (g). Los resultados demostraron que defoliaciones realizadas en el estadio R3 registraron diferencias significativas ($P \leq 0,01$) para rendimiento y el componente número de granos/m². En cambio, para el componente peso de grano, no hubo diferencias significativas. Cuando las defoliaciones se realizaron en R5.5 se registraron diferencias significativas para rendimiento ($P \leq 0,05$) y para peso de granos ($p \leq 0,01$) pero no para número de semillas/m². La pérdida de área foliar (valores promedio de los tres niveles de defoliación) en R3 redujeron el rendimiento en un 27% respecto al testigo, mientras que en R5.5 la merma de rendimiento en promedio fue del 33% respecto al testigo. La mayor capacidad de compensación en períodos reproductivos tempranos (menor número de vainas compensa con el aumento de número de granos por vaina y/o peso de grano) incidió en la diferencia de los rendimientos obtenidos entre los dos estadios fenológicos donde se aplicaron los diferentes niveles de defoliación, por lo tanto las mayores reducciones de rendimiento en R5.5 (en comparación con las realizadas en R3) se explican por la pérdida de la capacidad compensatoria que presenta el cultivo en esa etapa fenológica.

Boito *et al.* (2012) estudiaron la influencia de cinco niveles de defoliación artificial (T5: 0, T1: 10 %, T2: 20 %, T3: 30 % y T4: 40 %) en dos estadios fenológicos: R3 y R5.5, utilizando el cultivar Don Mario 5.8 i de GM V largo. Los resultados mostraron que la defoliación realizada en R3 incidió significativamente sobre el rendimiento provocando reducciones respecto al testigo de 15, 22, 23 y 40 % en T1, T2, T3 y T4, respectivamente. El número de vainas/planta y peso de los 1000 granos también se vieron afectados obteniéndose reducciones del 22,4 % y 14,8 %, respectivamente en el tratamiento con 40% de defoliación. En R5.5 la defoliación no incidió sobre ninguno de los parámetros evaluados, lo que lleva a concluir que la etapa de formación de vainas fue la más sensible a este daño.

En base a lo expuesto se plantea para este trabajo la siguiente hipótesis:

HIPÓTESIS

Diferentes grados de defoliación artificial realizados al cultivo de soja en diferentes momentos de su etapa reproductiva afectan de distinta manera el rendimiento.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- ✓ *Cuantificar el impacto sobre el rendimiento de diferentes grados de defoliación artificial producidos a un cultivar de soja de GM V largo, en diferentes etapas reproductivas del cultivo.*

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ✓ *Determinar la influencia de distintos niveles de defoliación artificial sobre el rendimiento y sus componentes.*
- ✓ *Establecer si el impacto de las defoliaciones sobre el rendimiento es afectado por el momento en que dicha defoliación es realizada.*
- ✓ *Calcular las reducciones de rendimiento producidas por cada nivel de defoliación y en cada momento fenológico evaluado.*

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la UNRC durante la campaña agrícola 2012-13 utilizando el cultivar Nidera A 5009 (GM V corto) sembrado el 10 de noviembre bajo sistema de siembra directa, a una distancia de 0,52 m entre hileras. El diseño fue de bloques completamente aleatorizados, con cinco tratamientos: T1: sin defoliación, T2: 10 % de defoliación, T3: 20 % defoliación, T4: 30 % defoliación y T5: 40 % de defoliación, y cinco repeticiones. Cada parcela experimental constaba de 6 surcos de 8 metros de largo (Figura 1 y 2).

40 % Defoliación	30 % Defoliación	20 % Defoliación	10 % Defoliación	0 % TESTIGO
0 % TESTIGO	10 % Defoliación	40 % Defoliación	20 % Defoliación	30 % Defoliación
40 % Defoliación	20 % Defoliación	30 % Defoliación	0 % TESTIGO	10 % Defoliación
30 % Defoliación	0 % TESTIGO	40 % Defoliación	10 % Defoliación	20 % Defoliación
10 % Defoliación	20 % Defoliación	30 % Defoliación	0 % TESTIGO	40 % Defoliación

Figura 1. Diseño del ensayo realizado a campo.



Figura 2. Vista del ensayo a campo. Comienzo de la defoliación artificial en la etapa R3.

Durante todo el ciclo del cultivo se realizó un seguimiento de la fenología del mismo, utilizando la escala fenológica de Fehr y Caviness (1977).

En cada parcela experimental se establecieron 3 unidades muestrales de 0,5 m² para la posterior defoliación manual de las plantas extrayendo folíolos o parte de ellos para lograr el porcentaje deseado. La superficie a remover para obtener el porcentaje de defoliación deseado fue comprobada en trabajos propios realizados por varios autores (Bedino, 2013; Sanchi, 2014 y Thoreau, 2014) a través del software Win Folia Reg. 2004.

La extracción de folíolos se llevó a cabo en dos estados fenológicos: R3 y R5.5 (Figura 3) por estar dentro del período de mayor susceptibilidad del cultivo a la pérdida de área foliar (Perotti y Gamundi, 2009; Quijano *et al.*, 2011). Entre estos dos estados se encuentra el periodo crítico del cultivo y a su vez se están definiendo los dos componentes del rendimiento: número y peso de granos. Por otro lado, es importante destacar que defoliaciones ocurridas durante el estado vegetativo generan impactos mínimos sobre el rendimiento.



T1: Sin defoliación.

T2: 10 % de defoliación.



T3: 20 % de defoliación.

T4: 30 % defoliación.



T5: 40 % defoliación.

Figura 3. Tratamientos de defoliación realizados.

El cultivo se mantuvo libre de plagas y enfermedades foliares aplicando insecticidas y fungicidas apropiados.

A madurez se recolectaron las plantas de cada unidad muestral y se procedió a cuantificar los parámetros: número de vainas/planta y número de granos/vainas, luego se procedió a la trilla con una trilladora estática evaluándose peso de 1000 granos y el rendimiento.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y test de comparación de medias (Test LSD Fisher (α : 0,05)) utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011), para establecer diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

En primer lugar se realizó un análisis de varianza para determinar si hubo interacción entre los distintos tratamientos (niveles de defoliación) y las etapas fenológicas para cada variable. Se encontró que si bien hubo interacción ($p < 0.05$) para número de granos/vaina y número de vainas/planta, no ocurrió lo mismo para las variables peso de mil granos y rendimiento. Por esto se decide analizar las variables en cada etapa fenológica por separado.

Al analizar la variable **número de granos por vaina**, observamos que ésta disminuyó al aumentar el porcentaje de defoliación aplicado sobre la planta y dicha reducción fue más acentuada en la etapa R3 que en R5.5 (Figura 4).

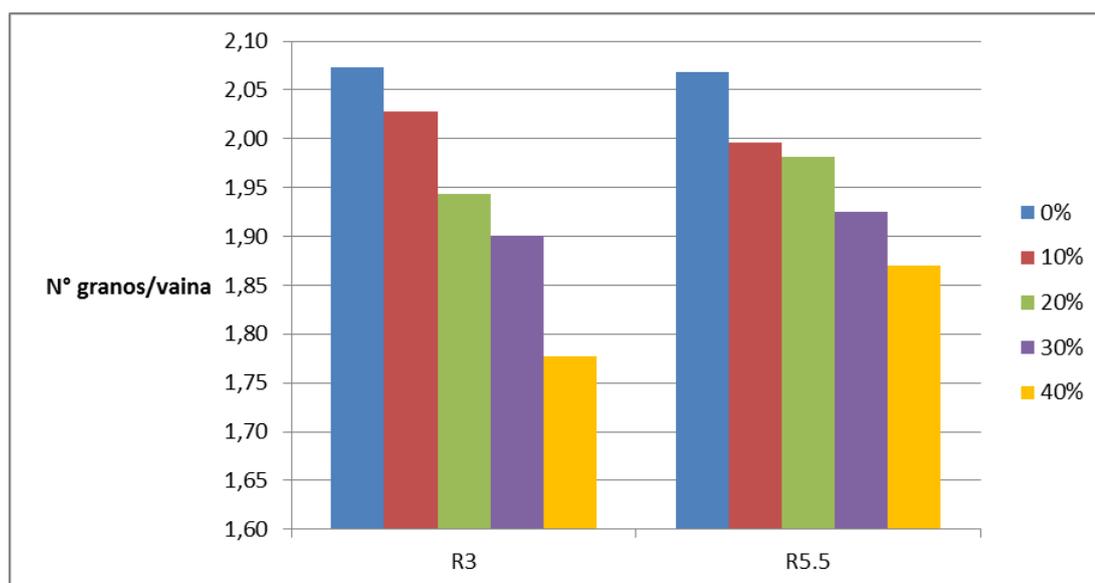


Figura 4. Número de granos por vaina para los diferentes niveles de defoliación (%) en los dos estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.

Esto se corrobora al realizar el análisis estadístico de los datos (ANAVA) que mostró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los distintos tratamientos, en ambos estados fenológicos (R3 y R5.5). En R3 el coeficiente de determinación (R^2) del modelo fue de 0,80 y el coeficiente de variación (CV) fue de 2,96; en el caso de R5.5 el R^2 fue de 0,76 y

el CV de 2,18. Al realizar la comparación de medias se observa que los tratamientos con más de 20% de defoliación se diferenciaron estadísticamente del resto, no registrándose diferencias entre el tratamiento sin defoliar y el de 10 % de defoliación, esto para la etapa reproductiva temprana. Mientras que en la etapa reproductiva avanzada todos los niveles de defoliación se diferenciaron estadísticamente del tratamiento sin defoliar, y a su vez el 10% de defoliación se diferenció del 30 y 40% (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vainas entre los diferentes niveles de defoliación en el estadio fenológico R3.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
0	2,07	5	0,03	A
10 %	2,03	5	0,03	A
20 %	1,94	5	0,03	B
30 %	1,90	5	0,03	B
40 %	1,78	5	0,03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla 2. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vainas entre los diferentes niveles de defoliación en el estadio fenológico R5.5

Tratamiento	Medias	n	E.E	
0	2,07	5	0,02	A
10 %	2,00	5	0,02	B
20 %	1,98	5	0,02	B C
30 %	1,92	5	0,02	C
40 %	1,87	5	0,02	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

En cuanto a la variable **número de vainas por planta**, al comparar ambos estados fenológicos, observamos que la defoliación afecto en mayor medida en R3 variando entre 39-52 vainas/planta, ya que en R5.5 las diferencias fueron menores oscilando los valores entre 39-46 vainas/planta, entre los distintos tratamientos (Figura 5).

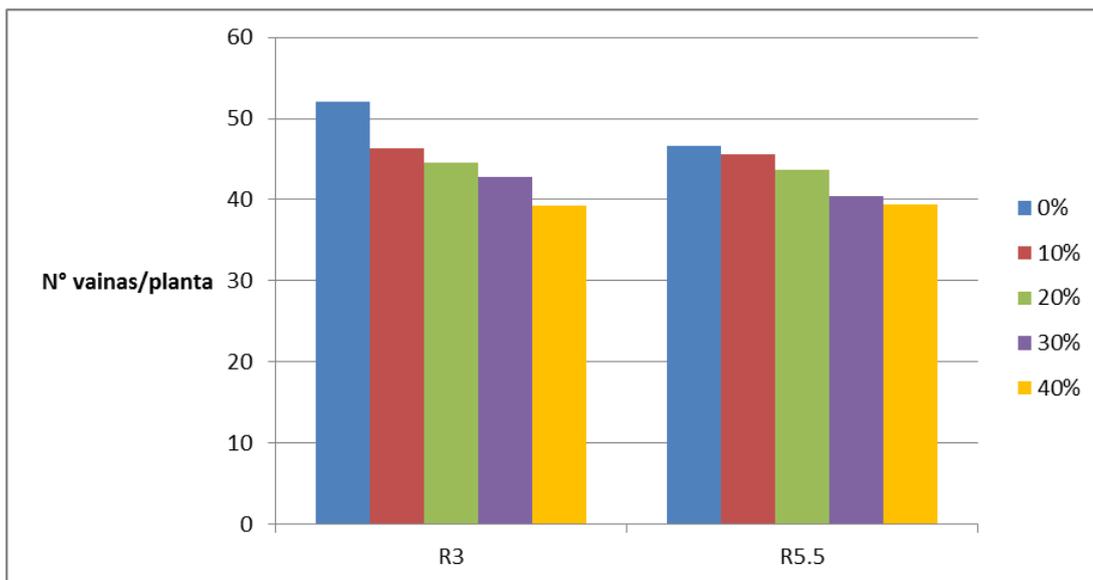


Figura 5. Número de vainas por planta para los diferentes niveles de defoliación (%) en los dos estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.

Al realizar el ANAVA también encontramos diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en ambos estadios fenológicos. En R3 el R^2 del modelo fue de 0,81 y el CV de 5,11. En R5.5 el R^2 fue de 0,64 y el CV de 5,41.

Al realizar el test de comparación de medias encontramos que, en R3, el tratamiento sin defoliar mostró diferencias estadísticamente significativas respecto a los tratamientos sujetos a defoliación. A su vez el tratamiento con 40 % de defoliación se diferenció también del resto de los tratamientos defoliados. En R5.5 no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento sin defoliar, el 10 y el 20 % de defoliación, pero si hubo diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos en que se aplicaron los mayores grados de defoliación (30 y 40 %). (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de vainas por planta entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R3.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
0 %	52,00	5	1,03	A
10 %	46,33	5	1,03	B
20 %	44,49	5	1,03	B C
30 %	42,85	5	1,03	C
40 %	39,21	5	1,03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 4. Test LSD Fisher (α : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de vainas por planta entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R5.5

Tratamiento	Medias	n	E.E	
0 %	46,55	5	1,04	A
10 %	45,53	5	1,04	A
20 %	43,67	5	1,04	A
30 %	40,44	5	1,04	B
40 %	39,42	5	1,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Con la variable **peso de mil granos**, los efectos de los distintos tratamientos de defoliación fueron muy similares entre ambos períodos evaluados (R3 y R5.5), pero hubo una diferencia muy marcada en el tratamiento del 40 por ciento de defoliación, sobre todo en R5.5 donde la disminución fue del 6,31 %; en el caso de R3 la reducción del peso fue del 4,52 % (Figura 6).

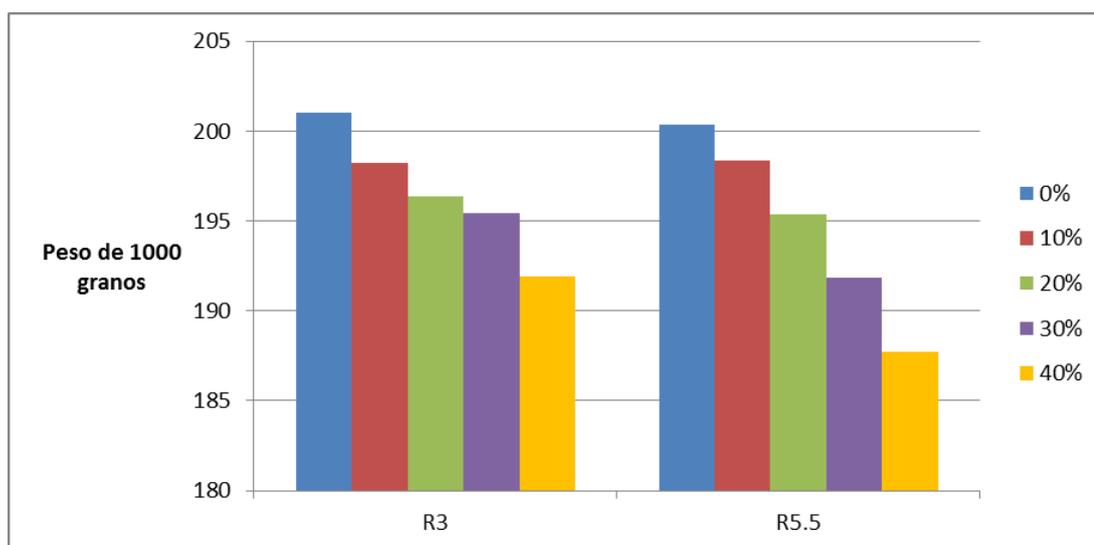


Figura 6. Peso de mil granos para los diferentes niveles de defoliación (%) en los estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.

Cuando se realizó el análisis de varianza se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) tanto en R3 (R^2 del modelo fue de 0,78 y el CV de 0,92) como en R5 (R^2 del modelo 0,61 y el CV de 2,07), al igual que con las variables **numero de vainas por**

planta y número de granos por vaina, en contraposición a lo encontrado por Gregorutti *et al.* (2008) y Boito *et al.* (2012) quienes no encontraron respuestas estadísticamente significativas en R5.5. Por su parte Tuttolomondo *et al.* (2008) no encontraron respuestas estadísticamente significativas en R3. En el estadio R3 el test de comparación de medias arrojó diferencias significativas entre el tratamiento sin defoliar y los demás tratamientos; a su vez se diferencian los tratamientos del 10 y 20 % de defoliación con el tratamiento del 40% de defoliación.

Por su parte en la etapa R5.5 el testigo no mostró diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos del 10 y 20 % de defoliación; pero si las diferencias fueron estadísticamente significativas con el tratamiento en que se efectuó mayor grado de defoliación (30 y 40%). (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de mil granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R3.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
0	200,99	5	0,81	A
10 %	198,26	5	0,81	B
20 %	196,39	5	0,81	B C
30 %	195,46	5	0,81	C
40 %	191,89	5	0,81	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla 6. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de mil granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R5.5.

Tratamiento	Medias	n	E.E	
0	200,34	5	1,80	A
10 %	198,37	5	1,80	A
20 %	195,37	5	1,80	A B
30 %	191,81	5	1,80	B C
40 %	187,71	5	1,80	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Y por último, en referencia a la variable **rendimiento (qq/ha)**, se observa que las disminuciones en función de las defoliaciones fueron similares en ambos períodos evaluados (Figura 7).

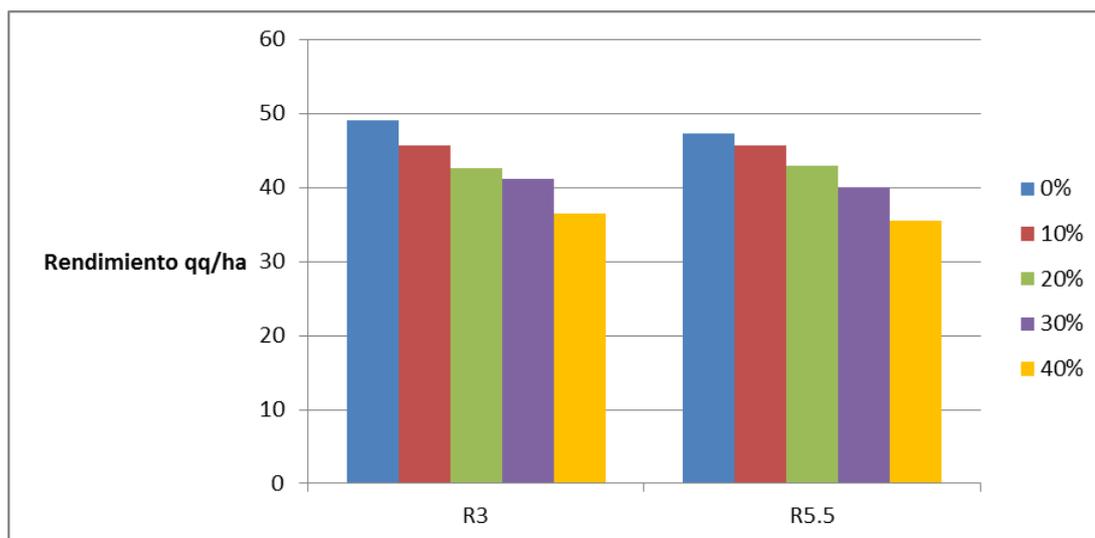


Figura 7. Rendimiento en qq/ha para los diferentes niveles de defoliación (%) en los dos estados fenológicos evaluados para el cultivo de soja.

Al realizar el análisis estadístico correspondiente se observa que hubo respuestas estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los dos períodos de defoliación. En R3 el R^2 del modelo fue de 0,74 y el CV de 6,59 y en R5.5 el R^2 fue de 0,72 y el CV de 6,93. En el test de comparación de medias se encontró que la media más alta correspondía al tratamiento testigo, sin tener una diferencia estadísticamente significativa con el tratamiento del 10 % de defoliación; pero si se diferenció de los tratamientos con 20, 30 y 40% de defoliación. Esto ocurrió para ambos estadios de desarrollo (Tablas 7 y 8).

Se concluye entonces que en ambos períodos reproductivos hay disminuciones del rendimiento a medida que el porcentaje de defoliación aumenta coincidiendo con Gazzoni y Moscardi (1997), Aragón (2003), Perotti y Gamundi (2006, 2007) y Gregorutti *et al.* (2008). Aunque este resultó afectado en forma diferencial según el estadio fenológico en cuestión, tal como encontraron Aragón (2003), Gregorutti *et al.* (2008) y Tuttolomondo *et al.* (2008).

Defoliaciones realizadas durante estadios vegetativos, frecuentemente no reducen la producción de granos, pero si producen disminuciones significativas cuando la misma es realizada durante estadios reproductivos (Gazzoni y Minor, 1979 y Aragón, 2003) coincidiendo con lo encontrado en este trabajo, en donde se confirma la disminución del rendimiento y sus componentes cuando el mismo es sometido a defoliaciones realizadas durante los estados reproductivos del cultivo.

Tabla 7. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R3.

Tratamiento	Medias	N	E.E	
0 %	49,06	5	1,27	A
10 %	45,66	5	1,27	A B
20 %	42,67	5	1,27	B C
30 %	41,16	5	1,27	C
40 %	36,44	5	1,27	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Tabla 8. Test LSD Fisher ($\alpha: 0,05$) para evaluar diferencias estadísticas significativas del rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estadio fenológico R5.5.

Tratamiento	Medias	N	E.E	
0	47,35	5	1,31	A
10 %	45,59	5	1,31	A B
20 %	42,92	5	1,31	B C
30 %	40,09	5	1,31	C
40 %	35,52	5	1,31	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

Las defoliaciones superiores al 20% fueron las que produjeron las respuestas más significativas, coincidiendo en gran parte con Gazzoni y Minor (1979), Gazzoni y Moscardi (1997) y Turnipseed (1972).

Cabe destacar que la respuesta de la soja a la defoliación depende no sólo de la duración e intensidad de la defoliación; sino también del estado de desarrollo en el que se encuentra la misma, ya que las defoliaciones ocurridas durante el período vegetativo en general no tienen efectos sobre el rendimiento, pero las ocurridas en el período reproductivo, afectan significativamente el rendimiento. Por otro lado, las prácticas culturales que incrementan el IAF, por ejemplo las siembras tempranas, mayores densidades de siembra y menor espaciamento entre surcos, incrementan la intercepción de la luz, el rendimiento y en consecuencia la tolerancia a la defoliación.

Por último, se calculó para cada estado fenológico, el porcentaje de pérdida de rendimiento a medida que aumentaba el porcentaje de defoliación. Se observó (Figura 8) que desde el 10 al 30 por ciento de defoliación aplicado, la disminución de rendimiento fue

mayor en el estado de R3; pero con niveles más altos de defoliación las diferencias en las pérdidas entre estadios fueron menores (Tabla 9).

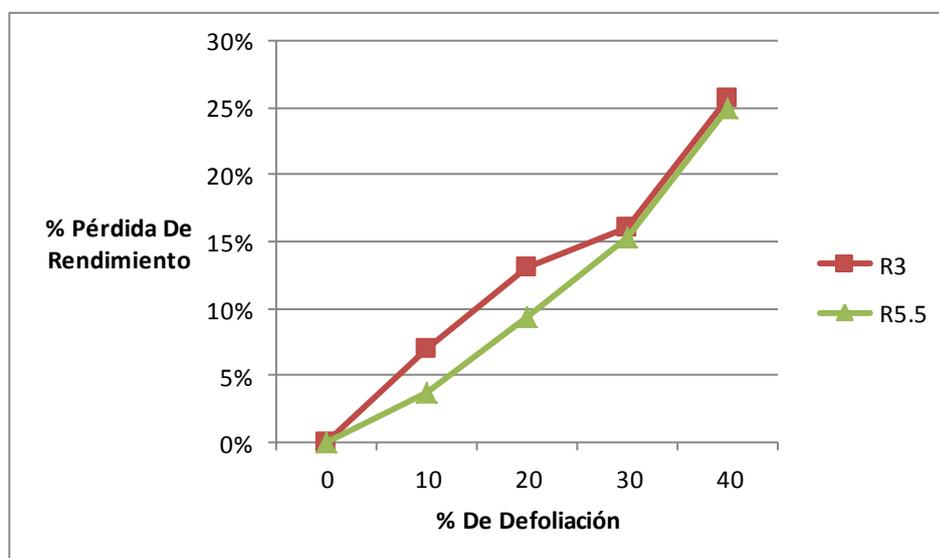


Figura 8. Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por distintos niveles de defoliación en los dos estados fenológicos evaluados.

Tabla 9. Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por distintos niveles de defoliación en los dos estadios fenológicos evaluados.

Tratamientos	Disminución del Rendimiento (%)	
	R3	R5.5
10 %	7%	4%
20 %	13%	9%
30 %	16%	15%
40 %	26%	25%

Con esto, podemos concluir que la etapa de formación de vainas fue la más sensible al daño ocasionado por la defoliación coincidiendo con lo obtenido por Thoreau (2014), Gregorutti *et al.* (2008) y Boito *et al.* (2012). En contraposición Bedino (2013) y Sanchi (2014) encuentran que la etapa más sensible a la defoliación fue la de llenado de granos, coincidiendo a su vez con Aragón (2003), Perotti y Gamundi (2006) y Tuttolomondo *et al.* (2008).

Ambos períodos reproductivos evaluados son muy sensibles a la disponibilidad de recursos y cuando existen condiciones limitantes, como la falta de integridad del aparato

foliar para interceptar radiación, se pierde eficiencia en los procesos fisiológicos afectándose la acumulación de materia seca y por ende el rendimiento.

CONCLUSIONES

- Se encontró que en el cultivar Nidera A 5009 (GM V corto), tanto en la etapa de formación de vainas como en la etapa de llenado de granos, las variables número de vainas por planta, número de granos por vainas, peso de mil granos y rendimiento se vieron afectadas por las defoliaciones artificiales.
- En el estadio R3, las defoliaciones aplicadas del 10, 20 y 30 por ciento generaron mayores disminuciones del rendimiento en comparación al estadio R5.5, pero a partir del 30 por ciento de defoliación, las diferencias entre ambas etapas fueron menores.
- Cuando las defoliaciones artificiales superaron el 20 % se afectó considerablemente el rendimiento en ambos períodos fenológicos evaluados. Pero cuando las mismas fueron inferiores al 20 % no hubo grandes impactos sobre el rendimiento, en ninguna de las dos etapas evaluadas.
- Aun cuando estadísticamente las defoliaciones superiores al 20% fueron las que incidieron sobre el rendimiento del cultivo es de destacar que una defoliación de 10% en la etapa reproductiva temprana redujo un 7% el rendimiento.
- Es necesario continuar con los estudios de incidencia de la defoliación sobre el rendimiento y sus componentes en los distintos cultivares utilizados en la región a fin de establecer la “función de daño” ocasionado por las orugas defoliadores y validar los Umbrales de daño que se utilizan actualmente.

BIBLIOGRAFIA

ACSOJA. 2012. Información para productores y semilleros - La importancia económica de la soja.

En:http://www.francomanopicardi.com.ar/news/004_abril2008/04_21a125/03_agricultura_ACSOJA_ImportanciaEconomica.htm. Consultado: 07-09-2012.

ARAGÓN, J.R. 2003. Manejo integrado de plagas del cultivo de soja en la Región Pampeana Central. En El Libro de la Soja. Ediciones Sema. Argentina. p. 149-158.

BEDINO, F. 2013. *Efecto de la defoliación artificial sobre el rendimiento y sus componentes en un cultivar de soja de ciclo intermedio*. Trabajo Final de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 33 pp.

BOARD, J.E.; WIER, A.T. y D.J. BOETHEL. 1994. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. *Agronomy journal*. 86. p: 1074-1079.

BOARD J. 2004: Soybean cultivar differences on light interception and leaf are an index during seed filling. *Agronomy journal*. 96. p: 305-310.

BOITO, G.T.; GIUGGIA, J.A.; CRENNNA, A.C.; GIOVANINI, D. y THOREAU, J. 2012. Efecto de la defoliación artificial sobre el rendimiento en un cultivar de soja de ciclo largo. **Actas de las XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas**. Potrero de los Funes - San Luis, Argentina. p: 242.

DI RIENZO, J.A. Infostat. CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L. y TABLADA, M. InfoStat versión 2011. Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.

En:<http://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=15>.

FEHR, W.R. and CAVINESS C.E. 1977. Stages of soybean development. **Special Report 80**. Iowa State University, Ames, Iowa. p: 11.

GAZZONI D.C. y H.C. MINOR. 1979. Efeito do desfolhamento artificial em soja, sobre o rendimento e os seus componentes. En: Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 2. p: 47-57.

GAZZONI D.C. y F. MOSCARDI. 1997. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybean. En: Pesq. Agropec. Bras. 33. p: 411-424.

GREGORUTTI, C.V.; SALUSO, A. y O.P. CAVIGLIA. 2008. Defoliaciones artificiales en soja: momento, intensidad y ubicación en la canopia. **27º Reunión Argentina de Fisiología Vegetal**. Rosario - Santa Fe, Argentina. p: 100.

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: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. 2da edición. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. p 167-195.

MAGyP. 2011. Sistema de series temporales - Oleaginosas - Total país - Soja. En:<http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema>. Consultado: 02-09-2012.

PEROTTI, E. y J.C. GAMUNDI. 2006. Incidencia de la defoliación en cultivares determinados e indeterminados (GM III, IV y V) con diferentes espaciamientos entre líneas. INTA EEA Oliveros. *Informe para mejorar la producción*. (33): 86-91.

PEROTTI, E. y J.C. GAMUNDI. 2007. Evaluación del daño provocado por lepidópteros defoliadores en cultivares de soja determinados e indeterminados (GM III, IV, V) con diferentes espaciamientos entre líneas de siembra. INTA EEA Oliveros. *Informe para mejorar la producción*. (36): 119-122.

PEROTTI, E. y J.C. GAMUNDI. 2009. La importancia de saber proteger oportunamente las hojas del cultivo de soja. INTA EEA Oliveros. *Informe para mejorar la producción*. (42):113-115.

QUIJANO, A.; CORREA LLOVET, J.I.; COBALTI, L. y E.N. MORANDI. 2011. Efecto de reducciones en el área foliar y la radiación interceptada sobre índices del crecimiento y número de frutos y semillas en canopeos de soja. **Actas del Quinto Congreso de la Soja del Mercosur y Primer Foro de la Soja Asia-Mercosur**. Rosario. 4 pp.

SANCHI, M. 2014. *Efecto de la defoliación artificial sobre el rendimiento y sus componentes en un cultivar de soja de ciclo corto*. Trabajo Final de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 43 pp.

SATORRE, E. 2003. *El libro de la Soja*, Ed: E. Satorre, Buenos Aires. p 1.

SOLDINI, D. 2008. Algunas bases para el manejo del cultivo de soja. INTA EEA Marcos Juárez. *Informe de Actualización Técnica* (10): 13-17.

THOREAU, J. 2014. *Efecto de la defoliación artificial sobre los rendimientos y sus componentes, en un cultivar de soja de ciclo largo*. Trabajo Final de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 39 pp.

TURNIPSEED, S.G. 1972. Response of Soybeans to Foliage Losses in South Carolina. *Journal of Economic Entomology*. 65(1). p: 224-229.

TUTTOLOMONDO G.; I. ROBASCO.; N. PIZZICHINI.; S. COLOCCIONI y C. DESTEFANIS. 2008. Soja: Incidencia de la defoliación en el rendimiento y sus componentes. *Revista Agromensajes* (26).

En:<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/26/13AM26.htm>. Consultado: 13-09-2012.