

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Proyecto de Trabajo Final presentado para optar al Grado de
Ingeniero Agrónomo”

**EFEECTO DE DISTINTOS NIVELES DE DEFOLIACIÓN
ARTIFICIAL SOBRE EL RENDIMIENTO DE DOS
CULTIVARES DE SOJA DE DIFERENTES GRUPOS DE
MADUREZ.**

Alumna: Cecilia, CASSANO.
DNI: 33.359.501

Directora: Ing. Agr. (Dra.) Graciela, BOITO
Co-Director: Ing. Agr. Jorge, GIUGGIA

Río Cuarto - Córdoba
Junio 2013

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Efecto de distintos niveles de defoliación artificial sobre el rendimiento de dos cultivares de soja de diferentes grupos de madurez.

Autor: Cassano, Cecilia

DNI: 33.359.501

Director: Ing. Agr. (Dra.) Graciela, Boito

Co-Director: Ing. Agr. Jorge, Giuggia

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

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos quienes con sus palabras de aliento me animaban para que siguiera adelante, sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A mis abuelos por su constante amor y apoyo para mi superación personal.

A mis amigas que me apoyaron, me alentaron y estuvieron para mí.

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento especial a la Universidad Nacional de Río Cuarto, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente y en ella a mis profesores por sus diferentes formas de enseñar, quienes me incentivaron en muchos sentidos a seguir adelante y sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Especialmente a mi directora de tesis la Dra. Graciela Boito cuyos conocimientos, orientaciones, manera de trabajar, persistencia, paciencia y motivación han sido fundamentales para la culminación de mis estudios y para la elaboración de esta tesis; y a todos los demás integrantes de la cátedra por su apoyo ofrecido en este trabajo.

Un lugar muy merecido también en estos agradecimientos tienen mis padres. Ellos han sido quienes me dieron la posibilidad de estudiar en primer lugar. Quienes han estado siempre presente en todas las etapas de mi vida. Cuyos consejos son invaluable. Por compartir sus experiencias. Por escuchar mis quejas y frustraciones. Por su constante aliento. Pero mas que nada por creer en mi. Se merecen también un cariño sincero mis hermanos y abuelos, por su apoyo incondicional.

Por ultimo, pero no por ello menos importante, quiero agradecer a todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado en las buenas y las malas apoyándome. A todos ellos muchas gracias.

INDICE GENERAL

Índice de texto:

Introducción y antecedentes.....	1
1. Hipótesis.....	5
2. Objetivo general.....	5
3. Objetivos específicos.....	5
Materiales y métodos.....	6
Resultados y discusión.....	9
1. Duración de los estados fenológicos en cada cultivar.....	9
2. Evolución de las poblaciones de larvas de lepidópteros defoliadores.....	10
3. Efecto de los distintos niveles de defoliación sobre el rendimiento del cultivo de soja.....	11
Conclusiones.....	14
Recomendaciones que surgen de los resultados obtenidos.....	14
Bibliografía citada.....	15

Índice de tablas:

Tabla 1: Días de duración de los períodos de Floración, Formación de Vainas y Período Crítico, en los dos cultivares de soja.....	10
Tabla 2: Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por los diferentes niveles de defoliación en los dos cultivares de soja.....	12
Tabla 3: Test LSD Fisher (α : 0.05) para evaluar diferencias estadísticas significativas de rendimientos entre los diferentes niveles de defoliación para ambos cultivares.....	12

Índice de figuras:

Figura 1: Vista general del ensayo.....	6
Figura 2: Plano del ensayo realizado en el campo experimental de la UNRC.....	7
Figura 3: Paño vertical utilizado para el muestreo de orugas defoliadoras.....	7
Figura 4: Niveles de defoliación artificial.....	8
Figura 5: Duración de estadios fenológicos según grupo de madurez.....	9
Figura 6: Rendimiento (qq/ha) para los diferentes niveles de defoliación en los cultivares de soja de distinto grupo de madurez.....	11

RESUMEN

Efecto de distintos niveles de defoliación artificial sobre el rendimiento de dos cultivares de soja de diferentes grupos de madurez.

La soja es la oleaginosa de mayor producción y consumo a nivel mundial. Su cultivo es afectado por numerosas plagas, entre ellas las orugas defoliadoras, cuyo daño radica principalmente en la pérdida de área foliar. Las defoliaciones artificiales son útiles para simular el daño causado por estas orugas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto sobre el rendimiento, de diferentes niveles de defoliación artificial en dos cultivares de diferentes GM. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados, con dos tratamientos (cultivares): Don Mario 3700 (GM III indeterminado) y Nidera A 5009 (GM V indeterminado), y cuatro subtratamientos (0, 20, 30 y 40% de defoliación), con tres repeticiones. Se efectuó la defoliación en forma manual en cinco unidades muestrales de 1 m², comenzando en R1 y manteniendo ese porcentaje hasta R6-R7. Los rendimientos disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de defoliación en los dos cultivares. El cultivar DM 3700 presentó mayores rendimientos que el cultivar A 5009 para los subtratamientos con 20, 30 y 40% de defoliación, ocurriendo lo contrario en el subtratamiento sin defoliación (testigo) en el cual se registró un mayor rendimiento para el cultivar A 5009. En el cultivar DM 3700 hubo diferencias estadísticas significativas en los rendimientos cuando los niveles de defoliación fueron del 30 y 40% respecto al 20% y al testigo. En el cultivar A 5009 los niveles de defoliación mayores al 0% mostraron diferencias estadísticas significativas de rendimiento con respecto al testigo, pero no entre sí. Las defoliaciones artificiales realizadas durante el período reproductivo del cultivo afectaron los rendimientos cuando las mismas superaron el 30%, en ambos grupos de madurez. Para defoliaciones inferiores al 30% la incidencia sobre el rendimiento depende del GM utilizado, el impacto fue superior en el cultivar A 5009.

Palabras Clave: Soja (*Glycine max* L.), Defoliación artificial, Rendimiento.

SUMMARY

Effect of distinct levels of artificial defoliation on the yield of two cultivars of soybeans with different maturity groups

Soybean is the most cultivated and consumed oleaginous crop worldwide. Moreover, its cultivation is affected by numerous pests. Among these are the defoliating caterpillars, whose action on soybean crops results in the loss of foliage area. The damage caused by defoliating caterpillars in soybean crops can be simulated by an artificial defoliation technique. The aim of this work was to evaluate soybean yield with various artificial defoliation degrees in two cultivars with different maturity groups (MG). The experimental was carried out under a randomized block design with two treatments (cultivars): Don Mario 3700 (MG III indeterminate), and Nidera A 5009 (MG V indeterminate); four sub-treatments (0%, 20%, 30%, and 40% defoliation degree); and three repetitions. Further, the defoliation was conducted manually in five 1m² plots beginning in R1 and maintaining each defoliation percentage until R6-R7. The expected yield was reduced when defoliation degree increased in both cultivars. The DM 3700 cultivar obtained a greater yield compared to the A 5009 cultivar for the 20%, 30%, and 40% defoliation degree. In contrast, the latter cultivar showed a greater yield for the non-zero defoliation sub-treatment (witness). Also, in DM 3700 cultivar the 30% and the 40% defoliation degree were significantly different from the witness and the 20% defoliation degree. In the A 5009 cultivar all defoliation degrees were significantly different from the witness but not among themselves. Moreover, defoliation carried out during the reproductive period affected the yield when it exceeded 30% degree for both maturity groups. Otherwise, the impact on yield for defoliation degrees less than 30%, depends on the maturity group. In that respect, there was a lesser yield in the A 5009 cultivar.

Keywords: Soybean (*Glycine max* L.), Artificial Defoliation, Yield.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La soja *Glycine max* L., es una leguminosa originaria del continente asiático, perteneciente a la familia Leguminosae (subfamilia Papilionoidae). Es cultivada por sus semillas de contenido medio en aceite y alto en proteína, está constituida en un 40% por proteínas, 18% por aceite y un 25% por hidratos de carbono (Wilson, 2004). Su composición la convierte en un producto de innumerables aplicaciones, estas incluyen desde las tradicionales, como la elaboración de alimentos balanceados para animales y el aceite refinado para consumo humano, hasta las nuevas alternativas como la elaboración de plásticos y “composites” o materiales compuestos (De la Fuente *et al.*, 2006).

El cultivo de soja es uno de los más importantes del Cono Sur de América, es la oleaginosa de mayor producción y consumo a nivel mundial (Wilcox, 2004) siendo los principales productores y exportadores Estados Unidos (1^{er} lugar), Brasil (2^{do} lugar) y Argentina (3^{er} lugar) (USDA, 2010).

En la campaña 2010/11 la Argentina contó con una superficie sembrada de alrededor de 32 millones de hectáreas, de las cuales aproximadamente 18 millones correspondieron al cultivo de la soja (MAGyP, 2010). El mencionado cultivo se ha convertido en la actividad económica de mayor importancia del sector agropecuario argentino. Este ha modificado profundamente la estructura de la producción agropecuaria y agroindustrial de nuestro país. Su expansión desplazó a otros cultivos más tradicionales tales como el girasol, maíz o sorgo, e incluso numerosos productores ganaderos o lecheros, abandonaron su actividad para dedicarse al cultivo de soja alentados por los menores costos de producción y mayores márgenes de ganancia. La zona de producción de soja en Argentina se extiende desde los 22° a los 40° de latitud Sur, con una amplia variedad de suelos y clima y, de su combinación con diferentes prácticas de manejo, surge una gran diversidad de ambientes de producción.

La elección del cultivar es una de las decisiones más importantes para definir el potencial de rendimiento del cultivo. Los cultivares comerciales de soja se agrupan en grupos de madurez (GM). De los trece (000 al X) existentes en el mundo, ocho son utilizados en Argentina (II al IX); este agrupamiento se basa fundamentalmente en la duración de la etapa de emergencia (VE) a floración (R1). Esta característica explica la distribución geográfica de los GM en el área de producción de soja (De la Vega y De la Fuente, 2004).

Este cultivo es afectado por numerosas enfermedades y plagas que provocan distintos tipos de daños, y pueden agruparse en: (i) aquellas que reducen el número de plantas establecidas por unidad de superficie, (ii) aquellas que reducen la producción y partición de materia seca, y (iii) aquellas que afectan la calidad (De la Fuente *et al.*, 2006). Dentro de la segunda categoría mencionada se encuentran las orugas defoliadoras, las cuales son principalmente larvas de lepidópteros y difieren en su capacidad de daño y

susceptibilidad a los insecticidas (Aragón, 2003). El daño de estas especies implica pérdida de área foliar, algunas de ellas afectan también tallos, frutos y semillas. Como para cualquier otra plaga de insectos, el clima y la alimentación constituyen los factores clave que determinan la dinámica de sus poblaciones, es decir, el incremento o disminución del número de individuos de una generación a otra a lo largo del tiempo. Si bien no se presentan todos los años, son una seria amenaza para el cultivo en años secos y con altas temperaturas que favorecen su desarrollo (Igarzabal y Galvez, 2010). En orden decreciente de importancia, por el daño que producen, en la región del sur de Córdoba encontramos a las siguientes especies: *Rachiplusia nu* Guenne, 1852 (isoca medidora), *Spodoptera frugiperda* Smith & Abbot, 1797 (oruga militar tardía), *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar, 1921 (isoca bolillera), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (oruga de las leguminosas), *Spilosoma virginica* Fabricius, 1798 (gata peluda norteamericana) y *Achyra bifidalis* Fabricius, 1794 (oruga de la verdolaga). Con la excepción de *Spodoptera frugiperda* (oruga militar tardía), la cual suele concentrar sus ataques al cultivo durante enero, las otras especies señaladas suelen presentarse desde enero hasta abril. Estas pueden ser monitoreadas en estado adulto con trampas de luz, con cuya información se pueden predecir sus ataques con varios días de anticipación (Aragón, 2003).

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 (Board *et al.*, 1994). Durante estadios nvegetativos y reproductivos tempranos, el cultivo puede tolerar defoliaciones como resultado de la producción de nueva área foliar (Fehr *et al.*, 1977).

El período más crítico del desarrollo del cultivo, en lo que respecta a afectar el rendimiento, se inicia alrededor de R3-R4 y se extiende hasta R6. Situaciones desfavorables, como una defoliación, durante el período comprendido entre R6 y R6,5 pueden acortar el período de llenado y disminuir el peso de las semillas afectando el rendimiento. Por el contrario, condiciones adversas entre R6 y R7 producen efectos de menor magnitud pues las semillas ya han acumulado una gran proporción de su peso seco total (Sadras *et al.*, 2000).

Según Herbert *et al.* (1992) no es el porcentaje de defoliación lo que predice el rendimiento, sino que el área foliar remanente luego de la defoliación lo hace con mayor precisión. Haile *et al.* (1998) encontraron que el daño por defoliación variaba según grupos de madurez, y al igual que Herbert *et al.* (1992) concluyen que los rendimientos estaban directamente relacionados con el IAF remanente y la intercepción de la radiación luego de la defoliación.

Turnipseed (1972) encontró que niveles de defoliación menores a un tercio del área foliar no afectan el rendimiento de soja, mientras que con pérdidas de 67% del área foliar durante el período reproductivo se encontraron las mayores reducciones.

Gamundi y Perotti (2002) evaluando la incidencia de la defoliación sobre el rendimiento, en cultivares de soja de distintos grupos de madurez (III a VI), encontraron que la tolerancia de la soja a la defoliación varía según el estado fenológico, siendo considerablemente mayor en los estados vegetativos que en los reproductivos, independientemente del cultivar. Además concluyeron que en floración y R6 los cultivares pertenecientes a los grupos de madurez III y IV tuvieron menor Índice de Área Foliar (IAF) que los del grupo V y VI por lo que serían menos tolerantes a los insectos defoliadores resultando en Umbrales de Daño menores.

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 (R4). A partir de R6 la tolerancia vuelve a incrementarse.

Posteriormente, Perotti y Gamundi (2006), determinaron que con defoliaciones en R5 existe una relación lineal entre el nivel de defoliación y la disminución de rendimiento mientras que otros autores reportaron funciones lineales y cuadráticas, según el estado fenológico en el que se produce la defoliación (Browde *et al.*, 1994 y Thomas *et al.*, 1974).

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%).

Perotti y Gamundi (2009) evaluaron en siembras de primera y segunda época defoliaciones naturales provocadas por larvas de *Rachiplusia nu* y *Anticarsia gemmatalis*, sobre cultivares de GM III, IV, V y VI. En las sojas de primera, se encontró una respuesta lineal a la defoliación en los cultivares de los tres primeros GM sobre el rendimiento, registrando disminuciones significativas a partir de 15% de defoliación. En sojas de segunda época de siembra, defoliaciones del 14%, en dichos cultivares provocaron mermas de rendimiento que justifican la aplicación de una medida de control, lo que no ocurrió en el cultivar del GM VI. Además demostraron que los cultivares GM III, IV y V son menos tolerantes a la defoliación en la etapa reproductiva que los cultivares pertenecientes a los GM VI y VII utilizados antiguamente. En cambio en la etapa vegetativa ambos grupos se comportan de la misma manera, lo que permite determinar una amplia capacidad de tolerancia a la defoliación

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 (Gregorutti *et al.*, 2008). Thomas (1984) determinó que la defoliación manual de los folíolos representa una estimación segura del daño real de los insectos.

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.

Peluzio *et al.* (2002) evaluaron la influencia de cuatro niveles de defoliación artificial (0, 33, 66 y 100%) en 5 estadios reproductivos (R1/R2, R3, R4, R5 y R6), sobre los componentes del rendimiento del cultivo de soja. Encontraron que los diferentes niveles de defoliación, durante el periodo reproductivo, afectaron significativamente la producción de granos, generando mayores reducciones en los rendimientos a medida que se incrementa el nivel de defoliación. Así mismo, encontraron que defoliaciones durante R4 resultaron en menos vainas por planta, mientras que menor peso de la semilla fue encontrado cuando las defoliaciones se realizaron en los estadios R5 y R6.

Perotti y Gamundi (2006), estudiaron la incidencia sobre el rendimiento de diferentes niveles de defoliación artificial (0, 33, 67 y 100%), en dos estados fenológicos: R1 y R5, utilizando cultivares de GM III, IV y V. Se comprobó que en floración los rendimientos de los cultivares del GM III y V difirieron significativamente en el nivel de 67% defoliación, con respecto al testigo. En R5 todos los niveles de defoliación mostraron diferencias significativas entre sí. El cultivo defoliado en R1 mostró una mayor capacidad de recuperación en el rendimiento. Estos resultados muestran que la capacidad de compensar los daños por defoliación permite un amplio margen de tolerancia en la etapa previa a formación de granos. En cambio en la etapa de llenado de granos (R5), el 33% de defoliación provocó mermas de rendimiento que justifican el control de la plaga en la mayoría de los tratamientos.

Gregorutti *et al.* (2008) evaluó el impacto de cuatro niveles de defoliación (0, 33, 66, 100%) realizadas en dos momentos (R3 y R5) y tres ubicaciones en la canopia (tercio medio, superior y defoliación uniforme) en un cultivo de soja de segunda, determinando el

rendimiento en granos, sus componentes numéricos y la intercepción de la radiación en R5.5. Encontraron que la defoliación en R3 redujo el rendimiento y el número de granos por m² en 13, 20 y 90% respectivamente para cada nivel de defoliación en relación al testigo, mientras que en R5 no hubo diferencias significativas en los factores evaluados. Respecto al peso del grano en R3, se redujo 32% sólo en el tratamiento de defoliación total, mientras que en R5 el mismo fue afectado también por la ubicación en la canopia, cayendo un 22% cuando se realizó una defoliación de 66% en forma uniforme. Las defoliaciones totales en R3 afectaron más al rendimiento y al peso que en R5.

1- Hipótesis

Defoliaciones realizadas en el cultivo de soja durante el período reproductivo producen disminuciones de rendimiento, que varían según el grupo de madurez (GM).

2- Objetivo General

Evaluar el efecto sobre el rendimiento, de diferentes niveles de defoliación artificial en dos cultivares de soja de diferentes GM.

3- Objetivos específicos

1.- Realizar un seguimiento del ciclo del cultivo de soja, determinando las fechas en que se alcanzan los distintos estados fenológicos, para cada GM.

2.- Monitorear las poblaciones de “orugas defoliadoras” durante el ciclo del cultivo, sobre los cultivares de diferentes grupos de madurez, a fin de decidir la necesidad de un tratamiento para que el daño de las mismas no afecte las defoliaciones artificiales realizadas.

3.- Evaluar el efecto de distintos niveles de defoliación artificial realizada en el estado reproductivo, sobre el rendimiento del cultivo de soja, en los diferentes cultivares utilizados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el ciclo agrícola 2010/11, en el Campo de Docencia y Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, situado sobre Ruta 36, km 601, Río Cuarto.

Dos cultivares de soja de diferentes grupos de madurez fueron sembrados el 29 de noviembre de 2010 con una sembradora de 9 surcos con un distanciamiento de 52 cm entre hileras (Figura 1).



Figura 1: Vista general del ensayo, tomada el 09/02/11.

El diseño fue de bloques completamente aleatorizados con dos tratamientos (cultivares): Don Mario 3700 (GM III indeterminado) y Nidera A 5009 (GM V indeterminado), y cuatro subtratamientos (0, 20, 30 y 40% de defoliación), con tres repeticiones. El tamaño de la parcela fue de 9 surcos de 10 m de largo (Figura 2).

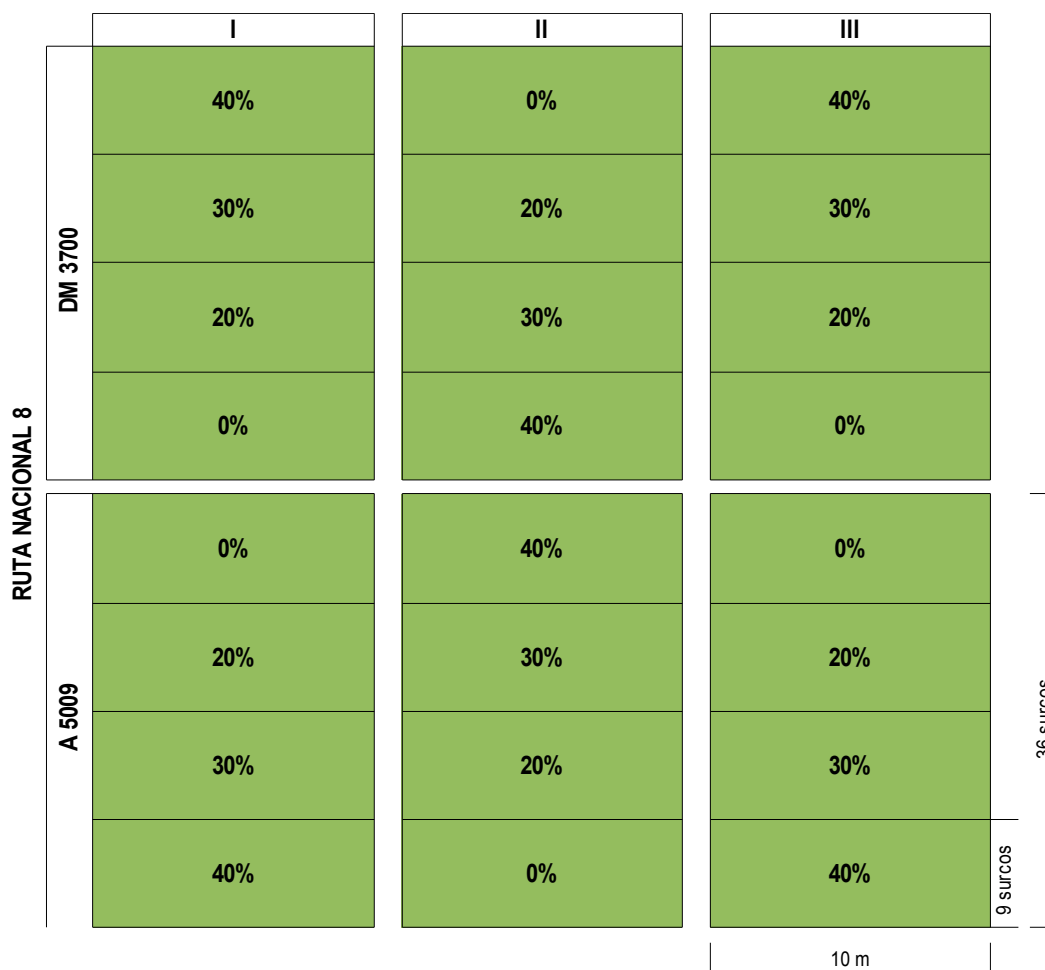


Figura 2: Plano del ensayo realizado en el campo experimental de la UNRC.

Durante todo el ciclo del cultivo se realizó un seguimiento de la fenología del mismo, utilizando la escala fenológica de Fehr *et al.* (1971).

Para determinar las poblaciones de orugas defoliadoras que se presentaron durante el ciclo del cultivo se tomaron 3 unidades muestrales por parcela utilizando un paño vertical de 1 m de longitud (Gamundi, 1995) (Figura 3) a los fines de evitar que la incidencia de las mismas afecten los niveles de defoliación logrados en forma manual.



Figura 3: Paño vertical utilizado para el muestreo de orugas defoliadoras.

En cada parcela se efectuó la defoliación en forma manual en cinco unidades muestrales de 1 m², comenzando cuando el cultivo alcanzó el estado fenológico de R1 y manteniendo ese porcentaje hasta máximo desarrollo del grano (R6-R7). Los niveles de defoliación realizados fueron: 0, 20, 30 y 40% y se lograron extrayendo $\frac{2}{3}$ del folíolo central, el folíolo central completo y el folíolo central más $\frac{1}{3}$ del folíolo izquierdo de cada hoja totalmente expandida en todo el canopeo de la planta, para cada nivel de defoliación respectivamente como se observa en la Figura 4.

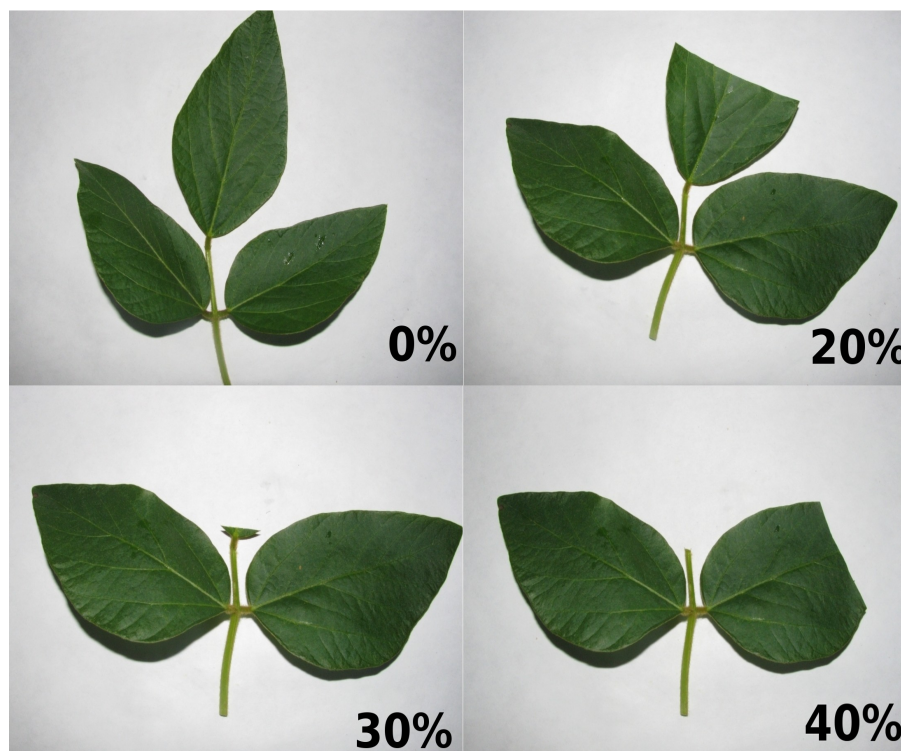


Figura 4: Niveles de defoliación artificial

La cosecha del cultivo se realizó el 15 de abril de 2011, siete días después de alcanzado el estado fenológico R8, cuando el 95% de las vainas alcanzó el color de madurez, según escala de Fehr *et al.* (1971). Se tomaron 3 muestras de 1 m² por tratamiento para cuantificar el rendimiento.

Los datos fueron analizados por ANOVA y test de comparación de medias LSD Fisher con Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2010) para determinar si existieron diferencias estadísticas significativas de rendimiento entre los diferentes grados de defoliación para cada uno de los cultivares en estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

1- Duración de los estados fenológicos en cada cultivar.

La duración de las etapas fenológicas en los dos cultivares de soja sembrados en la misma fecha varió según GM. El cultivar de GM V presentó una mayor longitud de ciclo (116 días) que el cultivar de GM III (107 días), debido a una mayor duración de la etapa VC-R1 (Figura 5).

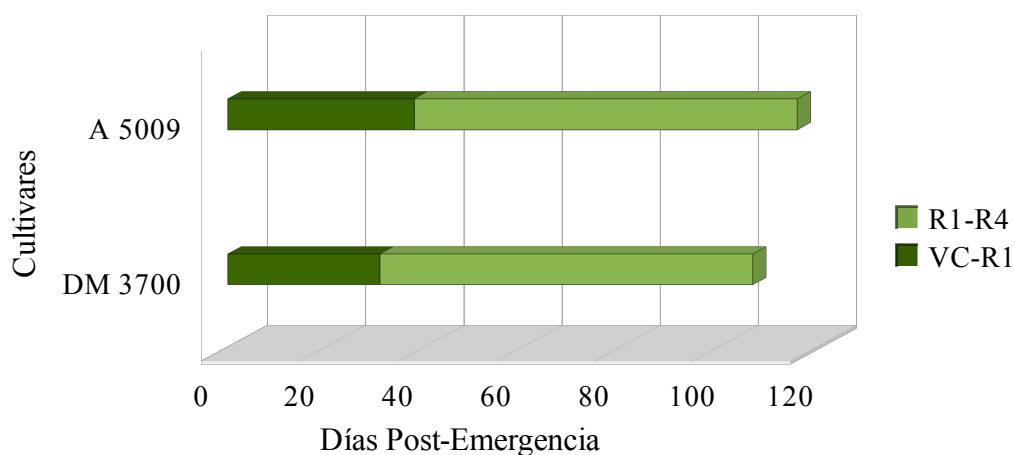


Figura 5: Duración de estadios fenológicos según grupo de madurez.

El cultivar de GM III tiene un período vegetativo más corto que el cultivar de GM V, según Piper *et al.* (1996) esto es debido a que los requerimientos fototermales para que se cumpla la etapa emergencia-floración tienden a disminuir desde los grupos de madurez superiores hacia los inferiores, lo que provoca que, a medida que se va subiendo de grupo, la soja demore más en pasar al período reproductivo.

La floración del cultivar DM 3700 ocurrió el 13/01/11 y del cultivar A 5009 el 20/01/11. Los períodos críticos de los cultivos estuvieron desfasados en el tiempo.

La Tabla 1 nos muestra la duración del período de floración (R1-R2), de formación de vainas (R3-R4), y período crítico (R4-R6). Si bien la duración del período R4-R6 fue similar en ambos cultivares, en el cultivar de GM III se presentó entre el 10/02/11 y el 11/03/11, mientras que para el cultivar de GM V el mismo se presentó entre el 19/02/11 y el 19/03/11.

Tabla 1: Días de duración de los períodos de Floración (R1-R2), Formación de Vainas (R3-R4) y Período Crítico (R4-R6), en los dos cultivares de soja.

Etapa fenológica	Cultivares	
	DM 3700	A 5009
R1-R2	18	19
R3-R4	20	11
R4-R6	29	28

Según el Área de Agrometeorología de la FAV-UNRC, las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo fueron de 544 mm, que serían suficientes para lograr un buen desarrollo del cultivo (Sadras *et al.* 2000). Para el período R4-R6 el cultivar DM 3700 (GM III) recibió 94 mm mientras que el cultivar A 5009 obtuvo 104 mm.

2- Evolución de las poblaciones de larvas de lepidópteros defoliadores.

En la campaña en la que se realizó el estudio (2010/11) se presentó solamente la “isoca medidora” *Rachiplusia nu*, hacia finales del ciclo, cuando los cultivares estaban en estado R7/R8 (24/03/2011). La población presente fue de 0,14 orugas/m lineal de surco en ambos cultivares no incidiendo en los niveles de defoliación realizados manualmente. De haber sido mayor la población se debería haber aplicado un insecticida para no interferir en la defoliación realizada manualmente.

El rendimiento del cultivo de soja, al igual que en todos los cultivos para grano, es el resultado de la interacción entre dos componentes numéricos principales: el número de granos por unidad de superficie y el peso unitario que alcanzan. Las variaciones en el número de granos son la principal causa de cambios en el rendimiento, mientras que la relación entre peso y rendimiento no es tan importante (Satorre *et al.*, 2006). Como el peso de los granos se define a partir de R5 hasta R8, defoliaciones tardías como la ocurrida en este caso, no afectan de gran manera el rendimiento debido a que la relación entre peso y rendimiento tal como se expresó no es tan importante, e incluso para este caso el nivel de infestación estuvo muy por debajo de los umbrales de control. Así también, tal como lo afirman Sadras *et al.* (2000) y Aragón (2003), debido a que las semillas ya han acumulado una gran proporción de su peso seco total, los efectos de una defoliación luego de R6,5 son de menor magnitud.

3- Efecto de los distintos niveles de defoliación artificial sobre el rendimiento del cultivo de soja.

La respuesta del cultivo a la defoliación resultó dependiente del grupo de madurez y del nivel de defoliación. Los rendimientos disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de defoliación ocasionada al cultivo en los dos cultivares (Figura 6), coincidiendo con lo expresado por Turnipseed (1972), Gazzoni y Minor (1979), Gazzoni y Moscardi (1997), Peluzio *et al.* (2002), Aragón (2003), Perotti y Gamundi. (2006), Perotti y Gamundi (2007) y Gregorutti *et al.* (2008).

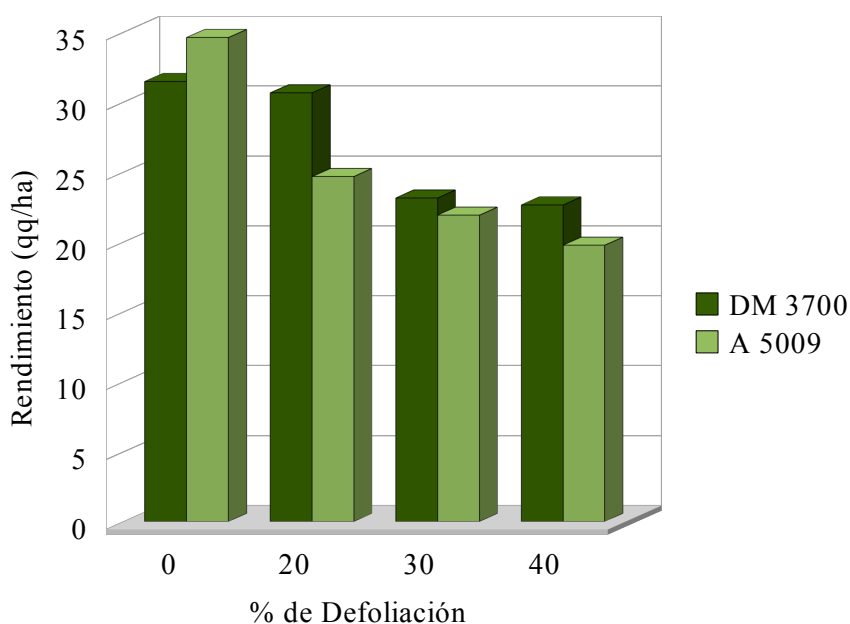


Figura 6: Rendimiento (qq/ha) para los diferentes niveles de defoliación en los cultivares de soja de distinto grupo de madurez.

El rendimiento varió según cultivares tal como encontraron Haile *et al* (1998), Gamundi y Perotti (2002), Perotti y Gamundi (2007) y Perotti y Gamundi (2009). El cultivar DM 3700 presentó mayores rendimientos que el cultivar A 5009 para los subtratamientos con 20, 30 y 40% de defoliación, ocurriendo lo contrario en el subtratamiento sin defoliación en el cual se registró un mayor rendimiento para el cultivar A 5009. Los rendimientos en cultivares sembrados en una misma fecha son mayores para el GM cuyo período crítico coincida con mejores condiciones ambientales (Aragón, 2003), en general resulta mayor para los de GM más largos (Perotti y Gamundi, 2006; Perotti y Gamundi, 2007;), coincidiendo con lo encontrado en el subtratamiento sin defoliación, el cual resultó en un mayor rendimiento para el cultivar con A 5009, no así en los demás tratamientos en los que el

cultivar DM 3700 obtuvo mayores rendimientos. Esto podría explicarse con el mayor potencial de rendimiento que presentan los cultivares de GM menores, que si bien son menos estables que los de GM mayores, con buenas condiciones ambientales durante el período crítico podrían lograr mejores rendimientos (Baigorri, 1997).

Al analizar la incidencia de la defoliación sobre las pérdidas porcentuales de rendimiento (Tabla 2) se observa que fue mayor en el cultivar A 5009 para todos los niveles de defoliación. Existió una marcada diferencia entre cultivares para el 20% de defoliación el cual ocasionó pérdidas de rendimiento de 2,6% y de 21,6% para DM 3700 y A 5009 respectivamente. Con niveles más altos de defoliación las diferencias de pérdidas entre cultivares fueron menores

Tabla 2: Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por los diferentes niveles de defoliación en los dos cultivares de soja.

Defoliación %	Pérdidas de rendimiento (%)	
	DM 3700	A 5009
20	2,67	21,68
30	26,53	30,45
40	28,07	37,27

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, Gamundi y Perotti, 2002; Aragón, 2003) coincidiendo con lo encontrado en este trabajo, en donde se confirma las disminuciones en los rendimientos de los cultivares de soja cuando los mismos son sometidos a defoliaciones realizadas durante los estadios más avanzados del cultivo.

Del análisis estadístico realizado surge que en el cultivar DM 3700 hubo diferencias estadísticas significativas en los rendimientos cuando los niveles de defoliación fueron de 30 y 40% respecto al 20% y al subtratamiento sin defoliación. En el cultivar A 5009 los niveles de defoliación mayores al 0% mostraron diferencias estadísticas significativas de rendimiento con respecto al subtratamiento sin defoliación pero no entre si (Tabla 3).

Tabla 3: Test LSD Fisher (α : 0.05) para evaluar diferencias estadísticas significativas de rendimientos entre los diferentes niveles de defoliación para ambos cultivares.

Defoliación %	Rendimiento (qq/ha)	
	DM 3700	A 5009
40	22,65 a	19,75 a
30	23,13 a	21,90 a
20	30,64 b	24,66 a
0	31,48 b	34,61 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Esta reducción de rendimiento producida como resultado de una defoliación durante el período reproductivo se debe según Gazzoni y Minor (1979) y Peluzio *et al.* (2002), a una disminución en el número de vainas y del peso de la semilla. Así mismo, Board *et al.* (1994), justifica esa reducción con la pérdida de área foliar y sus efectos subsecuentes sobre la planta, entre ellos la menor capacidad fotosintética y la pérdida de material almacenado en hoja, resultando así en una menor disponibilidad de asimilados.

El cultivar DM 3700 no presentó diferencias significativas entre el rendimiento obtenido con el subtratamiento con 20% de defoliación y el subtratamiento sin defoliación en coincidencia con lo expresado por Turnipseed (1972), Aragón (2003) y Perotti y Gamundi (2007) quienes encontraron que niveles de defoliación menores a un tercio del área foliar no afectaron el rendimiento del cultivo. Sin embargo esto no ocurrió con el cultivar A 5009 que sí presentó diferencias significativas con defoliaciones menores a un tercio respecto del subtratamiento sin defoliar, lo que coincide con Perotti y Gamundi (2009) quienes encontraron que con defoliaciones naturales del 14% ya se producían mermas de rendimiento aunque esto ocurrió en cultivares de ambos grupos de madurez (GM III y V).

A partir del 30% de defoliación ambos cultivares presentaron diferencias estadísticas significativas respecto del subtratamiento sin defoliar, a diferencia de lo encontrado por Gazzoni y Minor (1979) y Gazzoni y Moscardi (1997) quienes registraron diferencias significativas a partir de 66% de defoliación.

CONCLUSIONES

De los resultados del presente estudio se puede concluir que:

Para una misma fecha de siembra, la duración del ciclo del cultivo es mayor para el cultivar de GM más largo y el período crítico se produce en momentos de la campaña diferentes.

La respuesta del cultivo a una defoliación durante el período reproductivo es independiente del grupo de madurez, el rendimiento disminuye con aumentos de los niveles de defoliación.

Las defoliaciones artificiales realizadas durante el estado de formación de vainas y desarrollo de granos en soja afectan los rendimientos del cultivo cuando las mismas son superiores al 30% en ambos grupos de madurez.

Para niveles de defoliación inferiores a dicho valor (30%) la incidencia sobre el rendimiento varía según el GM utilizado. Para nuestro caso el impacto sobre el rendimiento con un 20% de defoliación fue superior en el cultivar de ciclo largo.

Recomendaciones que surgen de los resultados obtenidos

En virtud de los resultados obtenidos, que en alguna medida contradicen lo que concluyen otros autores, se sugiere realizar estudios posteriores a fin de ajustar los Umbrales de Control para los distintos GM del cultivo de soja.

Si bien en este estudio no se contempló la variación del Índice de Área Foliar con los distintos niveles de defoliación, se debe destacar que es necesario realizarlo ya que se debe lograr un IAF óptimo entre R4 a R6, considerado período crítico, para que no se afecte el rendimiento del cultivo.

Las defoliaciones artificiales representan el daño que puede causar la presencia de orugas defoliadoras en el cultivo de soja, pero por sí sola no nos define la necesidad de control, debemos ajustar el nivel de defoliación que ese cultivo en particular estaría en condiciones de tolerar en función de su estado fenológico, condiciones de desarrollo, tipo de cultivar, así como clase y condición del suelo, y la presencia y abundancia de la plaga, a fin de tomar una correcta decisión.

Habría que optimizar las condiciones del cultivo durante el período reproductivo, de manera tal de evitar impactos en los rendimientos, a los fines de lograr un área foliar adecuada para que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente para la producción de materia seca, la cual será importante para definir el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- 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
- BAIGORRI, H., 1997. Elección de cultivares. En: *El cultivo de la soja en Argentina*. Ed: L. Giorda y H. Baigorri. Córdoba pp 107-122.
- BOARD, J. E., A. T. WIER y D. J. BOETHEL. 1994. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. En: *La importancia de saber proteger oportunamente las hojas del cultivo de soja*. Perotti, E. R. y J. C. Gamundi. 2009. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción. 42: 113-117.
- BROWDE, J. A., L. P. PEDIGO, M. D. K. OWEN y G. L. TYLKA 1994. Soybean yield and pest management as influenced by nematodes, herbicides, and defoliating insects. En: *La importancia de saber proteger oportunamente las hojas del cultivo de soja*. Perotti, E. R. y J. C. Gamundi. 2009. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción. 42: 113-117.
- DE LA FUENTE, E. B., A. GIL, P. I. GIMÉNEZ, A. G. KANTOLIC, M. LÓPEZ PEREIRA, E. L. PLOCHUK, D. M. SORLINO, P. VILARIÑO, D. F. WASSNER y L. B. WINDAUER. 2006. *Cultivos industriales*. 1ª edición. Ed Facultad de Agronomía de Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. 800p.
- DE LA VEGA, A. y E. DE LA FUENTE., 2004. Elección de genotipos. En: *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. 2ª edición. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. Pp 319-345
- DI RIENZO, J., F. CASANOVES, M. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2010. Grupo INFOSTAT, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina
- FEHR, W., C. CAVINESS, D. BURMOOD, y J. PENNINGTON. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, glycine max (L.) Merrill. *Crop Science*. 11: 929-931

- FEHR, W.R., C.E. CAVINESS, y J.J. VORST. 1977. Response of indeterminate and determinate soybean cultivars to defoliation and half-plant cut-off. *Crop Science*. 17:913-917.
- GAMUNDI, J. C. 1995. Evaluación de técnicas de muestreo de insectos plagas y depredadores en cultivos de soja con diferentes sistemas de siembra y labranza. **I Congreso Nacional de Soja**. II Reunión Nacional de Oleaginosos. AIANBA. Bolsa de Cereales de Pergamino. Bs. As. Tomo II: IV: 43-50.
- GAMUNDI, J.C. y E. PEROTTI. 2002. Manejo integrado de orugas defoladoras y chinches: umbrales de daño. En: www.agrolluvia.com. Consultado: 12-03-2012.
- 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, 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, 411-424.
- GREGORUTTI V. C., A. SALUSO y O. P. CAVIGLIA. 2008. Defoliaciones artificiales en soja: momento, intesidad y ubicación en la canopia. **XIII Reunión Latinoamericana. XXVII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Resúmenes de Conferencias, Simposios y Trabajos**. INTA EEA Paraná, F.C.A UNER. p: 100
- HAILE, F.J., L.G. HIGLEY, y J.E. SPECHT. 1998. Soybean cultivars and insect defoliation: Yield loss and economic injury levels. *Agronomy Journal*. 90:344–352.
- HERBERT, D.A., T. P. MACK, P. A. BACKMAN y R. RODRIGUEZ-KABANA. 1992. Validation of a model for estimating leaf-feeding by insects in soybean. *Crop Protection*. 11: 27-34.
- IGARZÁBAL, D. y GALVEZ, M. C. 2010. Informe de la situación de plagas del cultivo de soja en el centro de Argentina para la primera semana de febrero de 2010. Informe para Centinela Plagas alerta de Syngenta. Protección Vegetal-LIDER S. A. 18 p.
- MAGyP. 2010. Producción, área sembrada y cosechada, cotizaciones nacionales e internacionales. Cereales, Oleaginosas, Cultivos Industriales, Frutos y Hortalizas. En: <http://www.siiia.gov.ar/index.php/series-por-tema/agricultura>. Consultado: 17-11-2010

- PELUZIO, J. M., H. B. BARROS, R. N. C. ROCHA, R. R. DA SILVA e I. RODRIGUES DO NASCIMENTO. 2002. Influência do desfolhamento artificial no rendimento de grãos e componentes de produção da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. En: *Ciencia y Agrotecnología.*, UFLA. 26(6):1197-1203.
- PEROTTI, E. R. 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. *Para Mejorar la Producción*. 33: 86-91.
- PEROTTI, E. R. y J. C. GAMUNDI. 2007. Evaluación del daño provocado por lepidópteros defoliadores en cultivares de soja determinados e indeterminados (GM III, IV y V) con diferentes espaciamientos entre líneas de siembra. INTA EEA Oliveros. *Para Mejorar la Producción*. 36: 119-125.
- PEROTTI, E. R. y J. C. GAMUNDI. 2009. La importancia de saber proteger oportunamente las hojas del cultivo de soja. INTA EEA Oliveros. *Para Mejorar la Producción*. 42: 113-117.
- PIPER, E.L., K.J. BOOTE, J.W. JONES y S.S. GRIMM, 1996. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. *Crop Science* 36: 1606-1614.
- SADRAS, V. O., M. FERREIRO, F. GUTHEIM y A. G. KANTOLIC. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. En: *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*, Andrade, F. H. y V. O. Sadras (eds.). Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, pp. 29-60.
- SATORRE, E. H., R. L. BENECH ARNOLD, G. A. SLAFER, E. B. DE LA FUENTE, D. J. MIRALLES, M. E. OTEGUI y R. SAVIN. 2006. *Producción de Granos, Bases funcionales para su manejo*. 2^{da} reimpresión. Ed Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 783p.
- THOMAS, G.D. 1984. Plant damage syndromes, yield losses, and economic decision indices. **Proceedings, World Soybean Research Conference III**. Iowa State University

- THOMAS, G. D., C. M. IGNOFFO, K. D. BIEVER y D. B. SMITH. 1974. Influence of defoliation and depodding on yield of soybean. *Journal of Economic Entomology*. 67: 683-685.
- TURNIPSEED, S. G. 1972. Response of Soybeans to Foliage Losses in South Carolina. *Journal of Economic Entomology*. 65(1): 224-229.
- USDA. 2010. Oferta y demanda mundial. En: http://www.siiia.gov.ar/sst_pcias/usda.php?nro=2222000 . Consultado: 17-11-2010
- WILCOX, J. R. 2004. World distribution and trade of soybean. En: *Soybean: Improvement, production and uses*, H. R. Boerma and J. E. Specht (eds). Agronomy Monograph 16. ASA CSSA SSA. Madison, WI. 3rd edition. Cap 1. p. 1-14.
- WILSON, R. F. 2004. Seed Composition. In: *Soybean: Improvement, production and uses*, H. R. Boerma and J. E. Specht (eds). Agronomy Monograph 16. ASA CSSA SSA. Madison, WI. 3rd edition. p. 59-95.