

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



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

**EFECTO DE LA DEFOLIACIÓN ARTIFICIAL SOBRE EL  
RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES, EN UN  
CULTIVAR DE SOJA DE CICLO CORTO.**

**Alumno: Mauro D. Sanchi.**

**DNI: 32.500.521**

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

**Codirector: Ing. Agr. Giuggia, Jorge.**

**Río Cuarto – Córdoba**

**Septiembre -2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACION

**Título del Trabajo Final:** Efecto de la defoliación artificial sobre el rendimiento y sus componentes, en un cultivar de soja de ciclo corto.

**Autor:** Sanchi, Mauro  
**DNI:** 32.500.521

**Director:** Ing. Agr. (Dra.) Graciela Boito.  
**Co-Director:** Ing. Agr. Jorge Giuggia.

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

Boito, Graciela Teresa \_\_\_\_\_  
March, Guillermo Juan \_\_\_\_\_  
Crenna, Ana Cecilia \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Secretario Académico

## AGRADECIMIENTOS

*A mis padres, abuelos, tíos y hermanas por haberme apoyado y estado en todo momento, y en especial por su constante amor brindado.*

*A mi novia por su apoyo, paciencia y amor incondicional.*

*A la Universidad Nacional de Río Cuarto, la cual me abrió sus puertas para formarme profesionalmente, especialmente a mi directora de tesis **Dra. Graciela Boito** cuya manera de trabajar, conocimientos y motivación han sido esenciales para la culminación de mis estudios y elaboración de esta tesis.*

## INDICE GENERAL

### Índice de texto:

Introducción y antecedentes.....	1
1. Hipótesis.....	9
2. Objetivos.....	9
Materiales y métodos.....	10
Resultados y discusión.....	13
1. Estado fenológico R3.....	13
2. Estado fenológico R5.5.....	19
Conclusión.....	26
Bibliografía.....	27
Anexo.....	32

### Índice de figuras:

Figura 1: Imagen de la zona de estudio.....	10
Figura 2: Vista general del ensayo.....	10
Figura 3: Plano del ensayo realizado en el campo experimental de la UNRC.....	11
Figura 4: Niveles de defoliación artificial.....	12
Figura 5: Cosecha y recolección de plantas de cada unidad muestral.....	12
Figura 6: Vainas por planta de soja en R3.....	14
Figura 7: Granos por metro cuadrado en R3.....	15
Figura 8: Peso de 1000 granos en R3.....	17
Figura 9: Rendimiento (qq/ha) en R3.....	18
Figura 10: Granos por metro cuadrado en R5.5.....	20
Figura 11: Peso de 1000 granos en R5.5.....	22
Figura 12: Rendimiento (qq/ha) en R5.5.....	23
Figura 13: Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por distintos niveles de defoliación en los dos estados fenológicos evaluados.....	24
Figura 14: Función de daño para defoliación en el estado R3.....	25

Figura 15: Función de daño para defoliación en el estado R5.5.....	25
--	----

**Índice de tablas:**

Tabla 1: Vainas por planta en R3.....	13
Tabla 2: Granos por vaina en R3.....	14
Tabla 3: Granos por metro cuadrado en R3.....	15
Tabla 4: Peso de 1000 granos en R3.....	16
Tabla 5: Rendimiento promedio y pérdidas del mismo en R3.....	17
Tabla 6: Vainas por planta en R5.5.....	19
Tabla 7: Granos por vaina en R5.5.....	19
Tabla 8: Granos por metro cuadrado en R5.5.....	20
Tabla 9: Peso de 1000 granos en R5.5.....	21
Tabla 10: Rendimiento promedio y pérdidas del mismo en R5.5.....	22

## RESUMEN

### **Efecto de la defoliación artificial sobre el rendimiento y sus componentes, en un cultivar de soja de ciclo corto.**

La soja es el cultivo de grano oleaginoso más importante para el consumo humano y la alimentación animal. Su cultivo es muy susceptible al ataque de plagas, como las orugas defoliadoras que reducen el área foliar produciendo una reducción del rendimiento. Las defoliaciones artificiales son útiles para simular el daño causado por esta plaga. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de diferentes grados de defoliación artificial sobre los componentes del rendimiento en el cultivar Don Mario 3810 (GM III indeterminado). El diseño experimental fue de bloques completamente aleatorizados, con cinco tratamientos: T1: 10 % de defoliación, T2: 20 % de defoliación, T3: 30 % defoliación, T4: 40 % defoliación y T5: sin defoliación, y cinco repeticiones. Se efectuó la defoliación en forma manual en 3 unidades muestrales de 0.5 m<sup>2</sup>, en dos estados fenológicos: R3 y R5.5. Los rendimientos disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de defoliación. La incidencia fue mayor en el estado fenológico R5.5 para todos los tratamientos realizados. Existió una marcada diferencia de rendimiento entre estados para el 20% de defoliación. Con niveles más altos de defoliación las diferencias de pérdidas entre estados fenológicos fueron menores. Las defoliaciones artificiales realizadas durante el estado de formación de vainas (R3), afectan los rendimientos de manera significativa cuando las mismas son superiores al 30%, y en la etapa de llenado de granos (R5.5) cuando las mismas son mayores al 10%.

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

## SUMMARY

### **Effect of artificial defoliation on yield of short cycle soybean cultivar.**

Soybean is the most important oleaginous crop used for human consumption and animal feed. Its cultivation is susceptible to pest attack, like leaf-eating caterpillars, whose action on soybean crops results in the loss of foliage area in the plant causing yield reductions. Artificial defoliation is useful to simulate the action of leaf-eating caterpillars to soybean crops. The aim of this work was to evaluate the effects of various levels of artificial defoliation on soybean yield and its components in a short cycle cultivar Don Mario 3810 (MG III indeterminate). The experimental design was randomized complete block design with five treatments: T1: 10% defoliation, T2: 20% defoliation, T3: 30% defoliation, T4: 40% defoliation, T5: non defoliation; and five repetitions. The defoliation was conducted manually in three samples of half square meter during two stages of development: R3 and R5,5. The expected yield was reduced when the level of defoliation increased. The incidence was higher during R5,5 for all treatment. There were significant differences in yield among stages for the 20% defoliation treatment. The differences between stages were lower with higher levels of defoliations. The artificial defoliations carried during pod initiation period (R3) affected the yield when they exceeded 30% and during seed filling period (R5,5) when they exceeded 10%.

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

## INTRODUCCIÓN

La soja pertenece a la familia Leguminosae (o Fabaceae), subfamilia Papilionoideae y al género *Glycine*. La forma cultivada *Glycine max* (L.) Merrill se utiliza tanto para consumo directo como insumo de industrias agrícolas y químicas, o como combustible. Es el cultivo de grano oleaginoso más importante para el consumo humano y la alimentación animal (Melgar *et al.*, 2011). La semilla está formada por un 40% de proteínas, 18% de aceite y 25% de hidratos de carbono (Wilson, 2004). Entre un 40 y 60% del total del aceite es ácido linoleico y también posee una baja proporción de ácido linolénico (2 al 13%) que la convierte en una interesante alternativa de uso medicinal en la prevención de problemas cardíacos y del control del colesterol. La calidad del aceite está dada no sólo por su composición acídica sino también por la presencia de antioxidantes y estabilizadores como tocoferoles y esteroides que juegan un rol primordial en evitar la degradación del aceite (Warner y Mounts, 1993).

Su origen e historia temprana son inciertos y aún hoy existen dudas sobre la autenticidad de las primeras descripciones del cultivo (Hymowitz y Shurtleff, 2005). En general, se acepta que es originaria del este de Asia, fundamentalmente de las regiones norte y central de China. De allí fue llevada hacia otros países orientales en los primeros siglos de nuestra era e introducida en Europa entre los siglos XVIII y XIX. Las primeras pruebas en EE.UU. de América proceden de 1829 y en la Argentina, si bien existen pruebas anteriores, recién en la década del '60 comenzó a expandirse como cultivo (Wilcox, 2004).

El crecimiento de la superficie sembrada en la Argentina ha sido notorio, pasando de unos pocos miles de hectáreas en la década del '70 a más de 10 millones sembrados en el 2004. A partir de mediados de la década del '90 la adopción de cultivares transgénicos fue acelerada debido fundamentalmente a la disminución significativa de los costos y al resultante beneficio en el margen del cultivo. Este gran cambio de tecnología tuvo impacto tanto en la superficie sembrada como en la producción. Los cultivares genéticamente modificados contribuyeron al aumento de adopción de la siembra directa como sistema cultural, lo cual optimizó el uso del agua de lluvia y redujo los tiempos operativos. Además, estos cambios fueron acompañados con modificaciones de la estructura del cultivo, mediante arreglos de la densidad de siembra y del espaciamiento entre hileras, contribuyendo en el incremento del rendimiento del cultivo (De la Fuente *et al.*, 2006).

Respecto a la importancia mundial, en la campaña 2012/13 la producción fue de 267.884 millones de toneladas. Argentina ocupó el tercer lugar con el 18,7% del total mundial luego de EEUU (30,6%) y Brasil (30,5%) (USDA, 2013).



Durante esta misma campaña, en Argentina se cultivaron 19.500.000 hectáreas, con una producción de 48.300.000 toneladas y con un rinde promedio de 2600 kg/ha (Bolsa de Comercio de Rosario, 2013).

Las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires concentran el 80% del total nacional producido. Le siguen en orden de importancia: Entre Ríos, Chaco, Santiago del Estero y Salta. Los mayores rendimientos hectárea se encuentran en la región pampeana (Píccolo, 2004). Estos rendimientos dependen del genotipo y de las condiciones ambientales, edáficas, plagas y del manejo cultural. Las técnicas de manejo, como fecha de siembra, cultivar, distanciamiento entre hileras y densidad, deben ser definidas en función de la oferta de los recursos y/o necesidades del cultivo. La falta de asociación correcta entre tecnologías adoptadas y oferta ambiental, sería una de las causas que podrían explicar la brecha entre los rendimientos actuales y potenciales y la gran variabilidad interanual aún en ambientes de alta calidad (Martignone *et al.*, 2010).

Según Evans y Fischer (1999), el rendimiento potencial es el rendimiento de un genotipo creciendo en un ambiente para el cual está adaptado, sin limitantes hídricas nutricionales y con control de estreses bióticos (plagas, malezas, enfermedades) y por lo tanto está definido por el clima, el suelo y las características del cultivar. La definición de la estación de crecimiento y la duración del ciclo del cultivo son variables que condicionan el rendimiento potencial. La estación de crecimiento está definida por el régimen de temperatura (período libre de heladas) y la disponibilidad hídrica (período húmedo) para el caso de la soja de primera, o por factores de manejo para la soja de segunda. Los cultivares comerciales de soja se agrupan en grupos de madurez (GM). Existen 13 grupos en el mundo, de los cuales en Argentina se utilizan los GM II, GM III, IV y V corto y largo, GM VI, VII Y VIII. Este agrupamiento se basa fundamentalmente en la etapa de emergencia (VE) a floración (R1), y explicaría la distribución geográfica de los GM en el área de producción de soja (De la Vega *et al.*, 2004).

La producción de granos de soja está ligada a la capacidad del cultivo de capturar los recursos del ambiente (agua, nutrientes, radiación, CO<sub>2</sub>). La temperatura regula la intensidad de captura de estos recursos. El momento durante el ciclo del cultivo en que esos recursos estén disponibles determina las variaciones en el rendimiento, dado que afecta la definición de los dos componentes principales del rendimiento del cultivo que son: el número de granos y el peso de los mismos. Cualquier tipo de estrés que sufra el cultivo en el período entre comienzo de floración (R1) y comienzo de llenado de granos (R5) afecta el número potencial de granos. A su vez, si este estrés ocurre durante el período entre R5 y madurez fisiológica (R7) también se ve afectado el peso de los mismos. En cualquier caso el rendimiento tendrá severas disminuciones (Salvagiotti *et al.*, 2010). En cuanto a la sanidad del cultivo, uno de

los aspectos más importantes es el manejo integrado. La soja es una planta muy susceptible al desarrollo de numerosos insectos y otros organismos animales. Desde la siembra hasta la madurez, la misma puede ser perjudicada en todos los estados de desarrollo y sufrir significativas pérdidas en rendimiento y calidad del grano. La siembra temprana y el sistema de siembra directa (cobertura de rastrojo y mayor humedad), permite la mayor proliferación de plagas tradicionales como orugas cortadoras, gusanos blancos y tucuras, y otras que eran de aparición muy esporádica, como las babosas, bicho bolita y grillo subterráneo (Aragón, 2003).

Según Perotti y Gamundi (2009), el cultivo de soja es más susceptible al ataque de las plagas que reducen el área foliar y esta defoliación produce una reducción del rendimiento. Entre las plagas más trascendentes se encuentran *Rachiplusia nu* (Guenée) y *Anticarsia gemmatalis* (Hubner). También se citan otras especies de aparición esporádica, las que pueden provocar defoliaciones significativas, *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Dichroplus* sp. (Rehn), *Loxostege* sp., *Spilosoma virginica* (Fabricius), *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar), *Spodoptera cosmioides* (Walker), *Megascelis* sp. y *Pseudoplusia includens*(Walker).

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, como 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). Esto se debe que a medida que la soja progresa hacia las etapas reproductivas, la capacidad de compensación ante situaciones de estrés disminuye y las pérdidas potenciales de rendimiento se incrementan (Tuttolomondo *et al.*, 2008).

El índice de área foliar (IAF) se define como el cociente entre el área foliar y una unidad de superficie, está altamente relacionado con el rendimiento del cultivo de soja. Valores críticos de 3,5 a 4, en los estados de R3-R5, son necesarios para alcanzar el máximo rendimiento. Defoliaciones que reduzcan el IAF por debajo de ese rango crítico, generalmente reducen el rendimiento. Condiciones que disminuyan el IAF óptimo como, siembras tardías, grupo de ciclo corto, menor densidad de siembra, mayor espaciamiento entre líneas de siembra, condiciones de sequía y baja fertilidad hacen que el cultivo de soja sea más susceptible a la defoliación. La respuesta de la planta a la defoliación depende de: la duración e intensidad de la defoliación, el estado de desarrollo de la soja, las características de la planta y los factores ambientales y culturales. La planta tolera menos las defoliaciones secuenciadas en el tiempo que una defoliación del mismo nivel ocurrida de una vez. Las prácticas culturales que incrementan el IAF, como por ejemplo las siembras tempranas, mayores densidades de siembra y menor espaciamiento entre líneas, aumentan la

intercepción de la luz, el rendimiento y en consecuencia la tolerancia a la defoliación. Este IAF también es afectado por el tamaño, forma, orientación y distribución de los folíolos en el canopeo. Los cultivares de folíolos anchos y orientados horizontalmente son más susceptibles a la defoliación que los angostos y de posición oblicua, pues estos permiten una mayor penetración y eficiencia de la radiación. Así mismo el hábito de crecimiento, la senescencia demorada y la capacidad de emitir nuevas hojas luego de la defoliación, influyen en la capacidad de tolerar la pérdida de área foliar (Perotti y Gamundi, 2009).

Todd y Morgan (1972) simularon la defoliación de la soja en diversos porcentajes y etapas de crecimiento de las plantas. Obtuvieron diferencias significativas en el rendimiento y el peso de la semilla después de defoliaciones de 33, 67 y 100% en varias etapas de crecimiento. Defoliaciones continuas y progresivas en todos los porcentajes redujo drásticamente el rendimiento y peso de la semilla en todas las etapas de crecimiento ensayados.

Turnipseed (1972) encontró que defoliaciones del 33% no resultaron en pérdidas significativas de rendimiento, mientras que defoliaciones del 67% en el período reproductivo causaron las mayores reducciones, y 17% de defoliación no causó pérdidas importantes en ninguna etapa de crecimiento.

Fehr *et al.* (1977) realizaron un estudio comparando la respuesta de cultivares de soja indeterminados y determinados efectuando un 100% de defoliación en seis estados reproductivos de R2 a R7. Los cultivares determinados presentaron una reducción significativamente en el rendimiento respecto de los cultivares indeterminados en todas las etapas reproductivas, excepto R7. La reducción del rendimiento promedio para todas las etapas fue de 59% para los cultivares determinados, en comparación con un 39% para los cultivares indeterminados. La pérdida máxima de rendimiento ocurrió en R4 (86%) y R5 (88%) para los determinados y en R5 (82%) para los indeterminados, a su vez aumentando de R2 a R5 en ambos cultivares, pero manteniéndose constante a partir de R5 a R7 en los indeterminados.

Bimboni (1979) y Gamundi *et al.* (1981) establecieron ensayos sobre defoliación artificial a partir de la década del 80 en cultivares de GM VI al VII en siembras convencionales a 0.70m entre líneas. Ellos obtuvieron que defoliaciones de hasta un 100% en los estados vegetativos no afectó significativamente el rendimiento pero si con niveles superiores al 45% en los estados reproductivos, mientras que Nasca *et al.* (1999) registraron reducciones significativas del rendimiento a partir del 33% de defoliación en R2-R4, 50% en V5-Vn y 67% en R5-R6.

Goli y Weaver (1986), llevaron a cabo experimentos para evaluar los efectos de la defoliación en los diferentes factores del rendimiento, en las etapas de desarrollo R4, R5 y

R6. Se compararon dichos factores de dos cultivares, uno determinado respecto de otro indeterminado. Plantas defoliadas maduraron antes, presentaron menos semillas y más pequeñas, y menos vainas por planta que las no defoliadas. La defoliación no tuvo efecto en la altura de la planta excepto en el indeterminado, acortándose el ciclo cuando se defolió en la etapa R4. Las pérdidas de rendimiento para los cultivares determinados fueron 72, 81 y 40% y el 67, el 87 y el 44% para el cultivar indeterminado tras la defoliación en las etapas de R4, R5 y R6, respectivamente. La pérdida de rendimiento se atribuyó principalmente a una reducción en el número de vainas por planta.

Higley (1992) concluye de sus estudios que las reducciones del rendimiento de soja debido a la defoliación resultaron principalmente de la disminución de la intercepción de luz del dosel de las plantas deshojadas.

Board *et al.* (1994), realizaron un ensayo en donde los tratamientos fueron sin defoliación (control), 100 % de defoliación en R6.3, y el 100 % de defoliación en R6.6, dispuestos en parcelas. La defoliación en R6.3 produjo una reducción del rendimiento del 40%, mientras que la defoliación en R6.6 causó una pérdida del 20%. El bajo rendimiento derivó de un pequeño tamaño de la semilla concordando con el menor llenado de la misma (28 % menos que el control).

Gazzoni y Moscardi (1997) ensayan cuatro niveles de defoliación (0, 33, 67 y 100 %) y aplicados en cuatro etapas (V3, V8, R2 y R6). La defoliación se realizó manualmente a través del corte de un folíolo de cada hoja por cada 33 % de defoliación. Los resultados mostraron una intensa recuperación del área foliar, a bajos niveles de defoliación, especialmente en el período vegetativo. A su vez, el rendimiento en grano se vio afectado sólo por la defoliación del 67 % y el 100% cuando se aplica en R6.

Por su parte Ribeiro y Costa (2000) en un ensayo realizado en la Universidad Federal de Santa María, Estado de Río Grande del Sur, Brasil en 1997/1998, evalúan el rendimiento del cultivo de soja sometido a diferentes niveles de defoliación (0, 17, 33, 50, 67 y 100%) y en diferentes fases de desarrollo (V9, R3, R5 y R6). Los niveles de defoliación de 17, 33 y 50% disminuyeron el rendimiento de semilla en aproximadamente un 6% y los dos últimos niveles de 67 y 100%, cerca de un 8 y un 37% en relación con el 0% de defoliación. La intensidad de defoliación superior al 50% disminuyó el número de vainas y granos cuando se hizo al principio de los estados en la formación de las vainas (R3) y comienzo de la formación de granos (R5).

Gamundi y Perotti (2002), evaluaron la incidencia de la defoliación sobre el rendimiento en cultivares de soja de diferentes grupos de madurez: III, IV, V y VI, sembrados con distintos espaciamientos entre surcos: 26, 52 y 70 cm. Los cultivos sembrados con menores espaciamientos son más propensos a sufrir mayores ataques que los

de mayores espaciamentos. La tolerancia de la soja a la defoliación es considerablemente mayor en los estados vegetativos que en los reproductivos, independientemente del cultivar. En floración y R6 los cultivares pertenecientes a los grupos de madurez III y IV tuvieron menor Índice de Área Foliar (IAF) comparados con los del grupo V y VI. Los cultivares de ciclo corto (III, IV y V) son menos tolerantes a los insectos defoliadores que los de ciclo largo (VI y VII).

Defoliaciones de hasta 17% no causan daño en ningún estado de desarrollo y de 33% en plena floración o en estado vegetativo no producen pérdidas significativas del rendimiento. Las mayores pérdidas de rendimiento se dan con defoliaciones más intensas a partir de floración y de inicio de llenado de los granos. A partir de R6 (semilla completamente desarrollada) se vuelve a incrementar la tolerancia a la defoliación. Mecanismos como la aparición de nuevas hojas y la mayor fotosíntesis de hojas basales hacen tolerante al cultivo frente al daño sin mermas significativas del rendimiento (Aragón, 2003).

Costa Gonçalves *et al.* (2003) llevaron a cabo un estudio evaluando cuatro niveles de defoliación efectuados en etapas reproductivas, frente a los sistemas convencionales de labranza y de siembra directa. Se realizaron dos experimentos con niveles de defoliación de 0, 33, 67 y 100%. La defoliación total redujo de manera significativa el rendimiento cuando se realiza en etapas R3, R4, R5 y R6, tanto en la siembra directa y labranza convencional, y era más perjudicial realizada en R4 en la labranza cero, mientras que R4 y R5 son más sensibles en la labranza convencional. Defoliaciones de 33 y 67% disminuyó el rendimiento de grano sólo cuando se aplica en la etapa R3 en el sistema de siembra directa. En la labranza convencional, sólo la defoliación del 67% provocó una reducción significativa en el rendimiento en la etapa R5. No hubo diferencias entre los sistemas de labranza del suelo en el porcentaje de reducción del rendimiento promovida por cualquiera de los niveles de defoliación evaluados.

Parcianello *et al.* (2004) realizaron experimentos en donde se desfolió en tres etapas de desarrollo (V9 - R2 y R5), en dos distancias entre hileras (20 y 40 cm) y cuatro niveles de defoliación (0, 33, 67 y 100%). Se determinó que defoliaciones practicadas en las etapas reproductivas disminuyen el rendimiento de grano, sobre todo en la etapa de llenado de granos (R5). El rendimiento del control fue 21% mayor cuando la soja se sembró a 20 cm que a 40 cm. Reducir distancias entre hileras siempre proporcionó rendimientos más altos en todos los niveles de defoliación. No hubo un efecto significativo de la defoliación en el rendimiento cuando se realizó en V9, en las dos distancias entre hileras. En la etapa R2, hubo un rendimiento lineal decreciente, con aumento de los niveles de defoliación. El rendimiento de grano se incrementó de 21% a 33% en la etapa V9 para disminuir del 82% al 100% de

defoliación en R5. A su vez, la defoliación durante el período reproductivo fue la más crítica para la planta, especialmente las llevadas a cabo en la etapa R5.

Perotti y Gamundi (2006) en siembras de primera, experimentaron sobre 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 hileras (35, 52 y 70 cm). Se comprobó que en floración los rendimientos de los cultivares del GM III y GM V 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 tubo los mismos efectos independientemente del espaciamiento y de los cultivares. Estos resultados muestran que la capacidad de compensar los daños por defoliación de los GM III y V, si bien son menores a los conocidos para los GM VI y VII permiten un amplio margen de tolerancia en la etapa vegetativa. En cambio en la etapa de llenado de granos (R5), en la mayoría de los tratamientos, el 33% de defoliación provocó mermas de rendimiento que justifican el control de la plaga.

Perotti y Gamundi (2007) estudiaron la incidencia de la defoliación natural sobre el rendimiento y sus componentes, en cultivares determinados e indeterminados sembrados a diferentes espaciamientos entre hileras. El análisis del rendimiento mostró que las interacciones nivel de defoliación y espaciamiento no fueron significativas. Asimismo, los niveles de defoliación provocados afectaron los rendimientos de igual modo en todos los espaciamientos. Se registró una tendencia decreciente del rendimiento con el incremento de los niveles de defoliación, afectándolo significativamente a partir del nivel medio (27 %). Se comprobó que en R1 la capacidad de recuperación del IAF y el rendimiento fue mayor que en R5. Además, señalan que los actuales Umbrales de Daño para el periodo reproductivo deben ser corregidos para el caso de cultivares indeterminados GM III, IV y V, independientemente del espaciamiento entre líneas de siembra.

Otros estudios realizados por Tuttolomondo *et al.* (2008) consistieron en evaluar la merma en el rendimiento y sus componentes, sometiendo a las plantas de soja a diferentes niveles de defoliación en distintos momentos ontogénicos del ciclo del cultivo. Llevaron a cabo un experimento en la Facultad de Ciencias Agrarias de Zavalla, Santa Fe utilizando un grupo de maduración IV y de hábito de crecimiento indeterminado sembrado a 52,5 cm entre hileras, efectuándose tres intensidades de defoliación: 0% (testigo), 33%, 66% y 99% en dos momentos fenológicos del cultivo y sobre diferentes plantas: R3 y R5.5. Las defoliaciones realizadas en el estado R3 registraron diferencias significativas para rendimiento y el componente N° de granos/m<sup>2</sup>. 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 y para Peso de grano, pero no para número de

semillas/m<sup>2</sup>. La pérdida de área foliar en R3 redujo 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.

Perotti y Gamundi (2009) realizaron estudios en siembras de primera y segunda época sobre defoliaciones naturales provocadas por larvas de *Rachiplusia nu* y *Anticarsia gemmatalis*, en cultivares de GM III, IV, V y VI, sembrados en tres espaciamientos entre hileras (26, 52 y 70 cm). En las sojas de primera, se encontró una respuesta lineal a la defoliación en los tres cultivares sobre el rendimiento, independientemente del espaciamiento, registrando disminuciones significativas a partir de 15% de defoliación. En sojas de segunda época de siembra, defoliaciones del 14%, en los cultivares del GM III, IV y V provocaron mermas de rendimiento que justifican la aplicación de una medida de control. En cambio en el cultivar del GM VI, este nivel de defoliación no afectó el rendimiento. Estos mismos autores, mostraron que los cultivares de los 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.

Enrico *et al.* (2010) llevaron a cabo una serie de ensayos con cuatro variedades de soja que se cultivaron en tres campañas, y 15 días luego de R5 se aplicaron cuatro niveles de defoliación (0, 33, 67 y 100 %). Mediante muestreos de semillas se estimaron la tasa de crecimiento de semillas (TCS) y la duración efectiva del llenado (DLLE). Las semillas ubicadas en los nudos apicales de la planta tuvieron mayor TCS y menor DLLE que las de los nudos medios. Sin embargo, las defoliaciones parciales (33 y 67 %) y totales redujeron la TCS tanto en nudos apicales como en los nudos medios de la planta en relación al testigo. Las defoliaciones más intensas (67 y 100%) redujeron la DLLE. Los cambios en el peso de las semillas estuvieron más asociados a cambios en la TCS que a la DLLE. El 100 % de defoliación produjo la mayor tasa de desecación de la semilla.

Boito *et al.* (2011) en la campaña agrícola 2010/11, en el Campo de Experimentación de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, realizaron un ensayo con dos tratamientos (cultivares), Don Mario 3700 (GM III indeterminado) y Nidera A 5009 (GM V indeterminado), y cuatro sub-tratamientos (0, 20, 30 y 40% de defoliación), con tres repeticiones. Los distintos niveles de defoliación se lograron extrayendo manualmente folíolos o parte de ellos, comenzando en R1 y manteniendo ese porcentaje hasta máximo desarrollo del grano. Los rendimientos disminuyeron a medida que se incrementó el nivel de defoliación ocasionada al cultivo en los dos cultivares. La incidencia de la defoliación sobre las pérdidas rendimiento fue mayor en el cultivar GM V

indeterminado 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 ambos cultivares. Con niveles más altos de defoliación las diferencias de pérdidas entre cultivares fueron menores.

Batistela *et al.* (2012) evaluaron el impacto de la defoliación sobre el rendimiento de cultivares de soja de ciclo corto en cinco estudios llevados a cabo en dos campañas agrícolas (2008/2009 y 2009/2010) en tres estados de Brasil. En 2008/2009, la defoliación se realizó mediante la eliminación de uno, dos o tres folíolos (33,3%, 66,6% y 100% de defoliación, respectivamente) a partir de todas las hojas en diferentes etapas de desarrollo de la planta (V5, V8, R2, de V5 a R2, y de V5 a la cosecha). En 2009/2010, los niveles de defoliación estudiadas fueron el 16,7% (medio folíolo) y el 33,3% (un folíolo), realizados durante el período vegetativo o reproductivo, y durante todo el ciclo. Todos los cultivares probados toleran niveles de defoliación iguales e incluso a veces más altos que los actuales umbrales económicos (30% umbral de defoliación en la etapa vegetativa y el 15% de umbral de defoliación en la etapa reproductiva) sin pérdida significativa de rendimiento.

De acuerdo a lo mencionado se propone la siguiente hipótesis:

### **HIPOTESIS**

✓ *Los diferentes grados de defoliación ocasionados al cultivo de soja afectan de manera diferente el rendimiento.*

### **OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

✓ *Cuantificar el impacto de diferentes grados de defoliación artificial sobre el rendimiento y sus componentes, en un cultivar de soja de ciclo corto.*

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- ✓ *Obtener manualmente diferentes niveles de defoliación.*
- ✓ *Cuantificar el rendimiento y sus componentes.*
- ✓ *Estimar la función de daño para un cultivar de soja GM 3.8.*



## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el ciclo agrícola 2011/2012, 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 (Figura 1); con la finalidad de cuantificar el impacto sobre la producción de un cultivar de soja de ciclo corto, con diferentes grados de defoliación artificial simulando el daño causado por orugas defoliadoras.

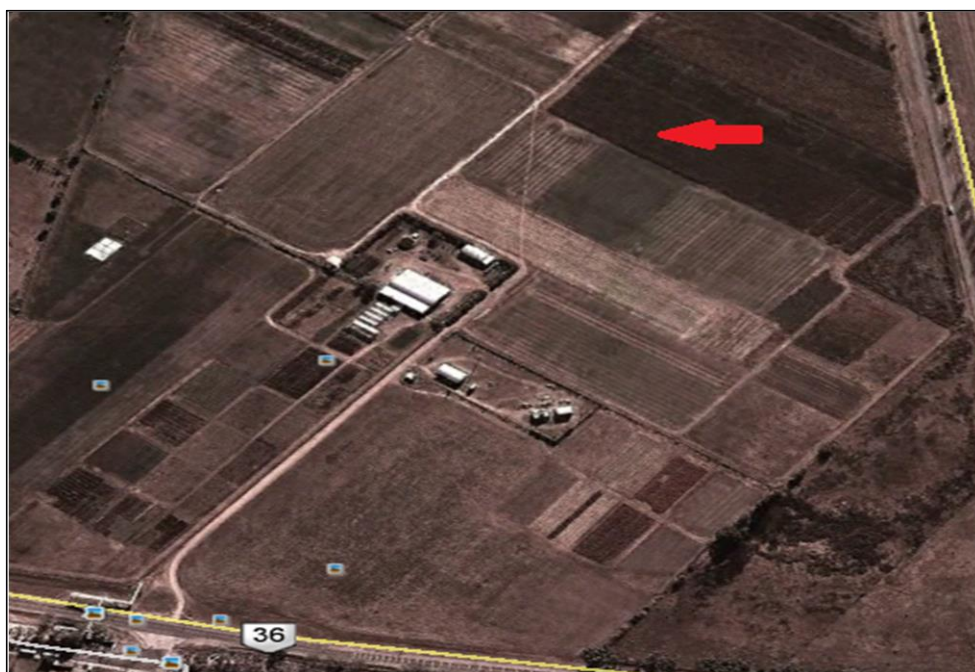


Figura 1. Imagen de la zona de estudio con localización del sitio de ensayo (Google Maps).

El cultivo de soja se sembró bajo el sistema de siembra directa, el 10 de noviembre de 2011 con el cultivar Don Mario 3810 de grupo de madurez indeterminado de ciclo corto, a una distancia entre hileras de 0,52 m (Figura 2).



Figura 2. Vista general del ensayo (02/03/12).

El diseño fue en bloques completamente aleatorizados, con cinco tratamientos: T1: 10 % de defoliación, T2: 20 % de defoliación, T3: 30 % defoliación, T4: 40 % defoliación y T5: sin defoliación, y cinco repeticiones. El tamaño de la parcela experimental fue de 8 surcos de 10 m de largo (Figura 3).

<b>R 3</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0</b>
	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>

<b>R 5.5</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0</b>
	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>

Figura 3. Plano del ensayo realizado en el campo experimental de la UNRC.

En cada unidad experimental se establecieron tres unidades muestrales de 0.5 m<sup>2</sup> y se procedió a la defoliación manual de todas las plantas extrayendo folíolos o parte de ellos para lograr el % deseado (Figura 4), así para el tratamiento de 10% de defoliación se eliminó el 33% de un foliolo, para el de 20% de defoliación se eliminó el 66% de un foliolo, para el tratamiento de 30% de defoliación se eliminó un foliolo entero y para el tratamiento de 40% de defoliación se eliminó un foliolo entero y un tercio de otro. Por otro lado en el tratamiento testigo no se realizó defoliación. Todo esto se llevó a cabo en dos estados fenológicos: R3 y R5.5.

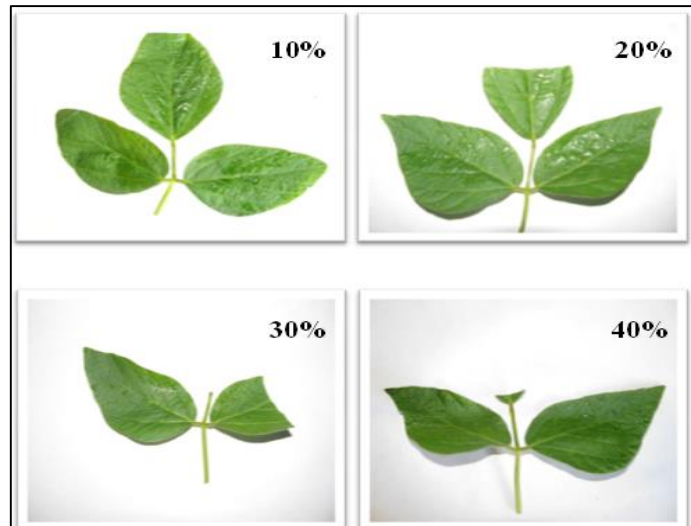


Figura 4. Niveles de defoliación artificial.

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 derivó a la cuantificación del número de vainas/planta y número de granos/vainas. Luego se realizó la trilla con una trilladora estática evaluándose el peso de 1000 granos y se cuantificó el rendimiento.



Figura 5. Cosecha y recolección de plantas de soja en cada unidad muestral, tomada el 20/04/12.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y test de comparación de medias (LSD Fisher) utilizando el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011), para determinar si existieron diferencias estadísticas significativas de rendimiento y sus componentes entre los diferentes grados de defoliación para cada uno de los estados fenológicos en estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ESTADO FENOLÓGICO R3.

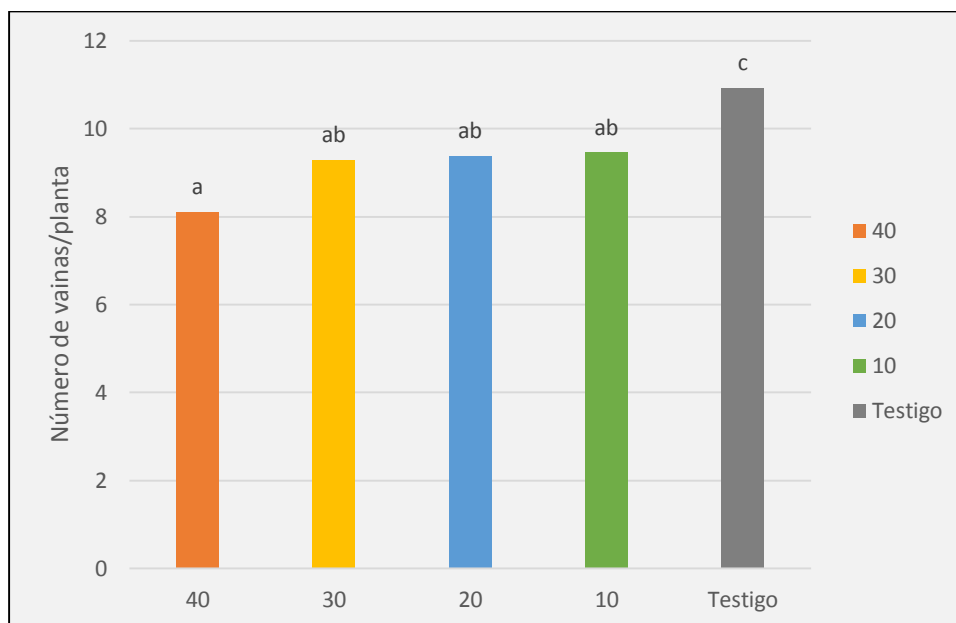
Al evaluar la variable “**número de vainas por planta**” se observa (Tabla 1) que hubo diferencias entre los distintos tratamientos realizados mostrándose una reducción del 26% con el máximo nivel de defoliación respecto al tratamiento sin defoliar.

<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Número promedio de vainas por planta</b>
<b>40</b>	<b>8,10</b>
<b>30</b>	<b>9,28</b>
<b>20</b>	<b>9,38</b>
<b>10</b>	<b>9,45</b>
<b>Testigo</b>	<b>10,92</b>

**Tabla 1. Vainas por planta de soja para diferentes tratamientos de defoliación.**

Cuando se efectúa el análisis de la varianza (ANAVA) observamos (Figura 6) que dichas diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) con un  $R^2$  (coeficiente de determinación) de 59% y C.V (coeficiente de variación) de 10,19% (Tabla 1 Anexo).

Cuando se realiza el test de comparación de medias LSD-Fisher (Tabla 2 Anexo) se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre los diferentes niveles de defoliación y el testigo sin defoliar. Se generaron reducciones del 26, 15, 14.1, y 13.46% respecto al tratamiento sin defoliar. Estos resultados coinciden con lo expresado por Ribeiro y Costa (2000), que encontraron diferencias significativas en el factor evaluado.



**Figura 6. Vainas por planta para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R3 del cultivo de soja.**

Cuando se analizó la variable “**número de granos por vaina**” se pudo apreciar (Tabla 2) que hubo mínimas diferencias entre los distintos tratamientos realizados.

<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Número promedio de granos por vaina</b>
<b>40</b>	<b>2,20</b>
<b>30</b>	<b>2,21</b>
<b>20</b>	<b>2,24</b>
<b>10</b>	<b>2,25</b>
<b>Testigo</b>	<b>2,22</b>

**Tabla 2. Granos por vaina de soja para diferentes tratamientos de defoliación.**

Al realizar el ANAVA se observa (Tabla 3 Anexo) que los diferentes tratamientos evaluados no mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) según los resultados arrojados del análisis estadístico correspondiente, con un  $R^2$  de 52 % y un C.V. de 7,81%.

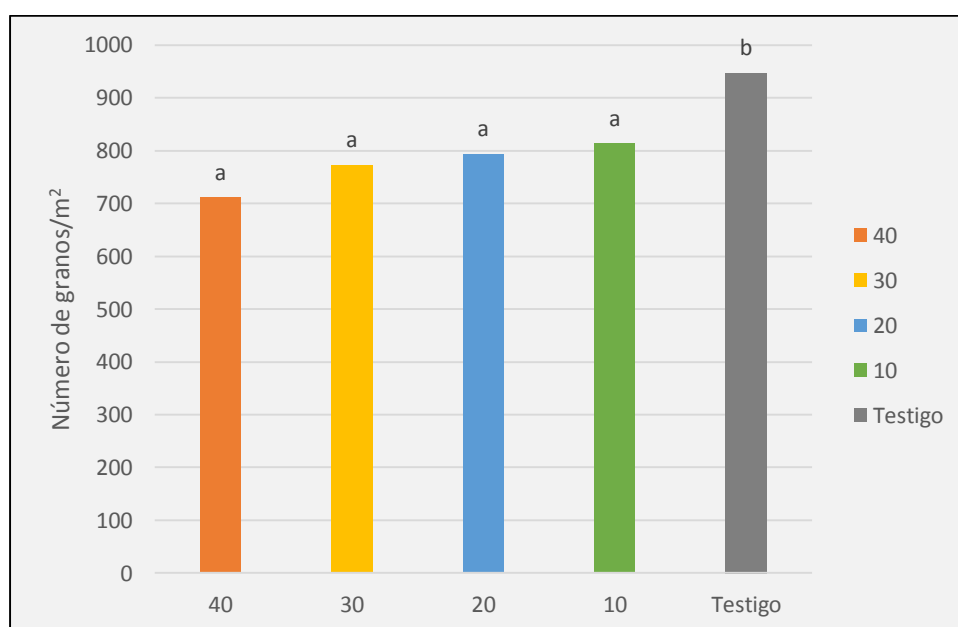
Al analizar el componente del rendimiento “**número de granos por metro cuadrado**” podemos apreciar (Tabla 3) que hubo diferencias entre los distintos tratamientos realizados, aún con el valor mínimo de defoliación.

Tratamiento (% de defoliación)	Número promedio de granos por metro cuadrado
40	711,52
30	772,76
20	793,02
10	813,31
Testigo	946,53

**Tabla 3. Granos de soja por metro cuadrado para diferentes tratamientos de defoliación.**

El ANAVA muestra (Figura7) que esas diferencias fueron estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ) con un  $R^2$  de 74 % y un C.V. de 9,90 % (Tabla 5 Anexo), similar a lo observado por Ribeiro y Costa (2000) y Tuttolomondo *et al.* (2008).

Cuando se realiza el test de comparación de medias LSD-Fisher (Tabla 6 Anexo) se observan diferencias estadísticas significativas del testigo respecto a todos los niveles de defoliación sin mostrar diferencias significativas entre ellos. Las reducciones respecto al testigo fueron del 25, 18, 16 y 14% respectivamente para el parámetro evaluado.



**Figura 7. Granos por metro cuadrado para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R3 del cultivo de soja.**

Lo mismo ocurrió al analizar el componente “**peso de 1000 granos**” donde los valores obtenidos (Tabla 4) mostraron que hubo diferencias entre los diferentes tratamientos con respecto al testigo.

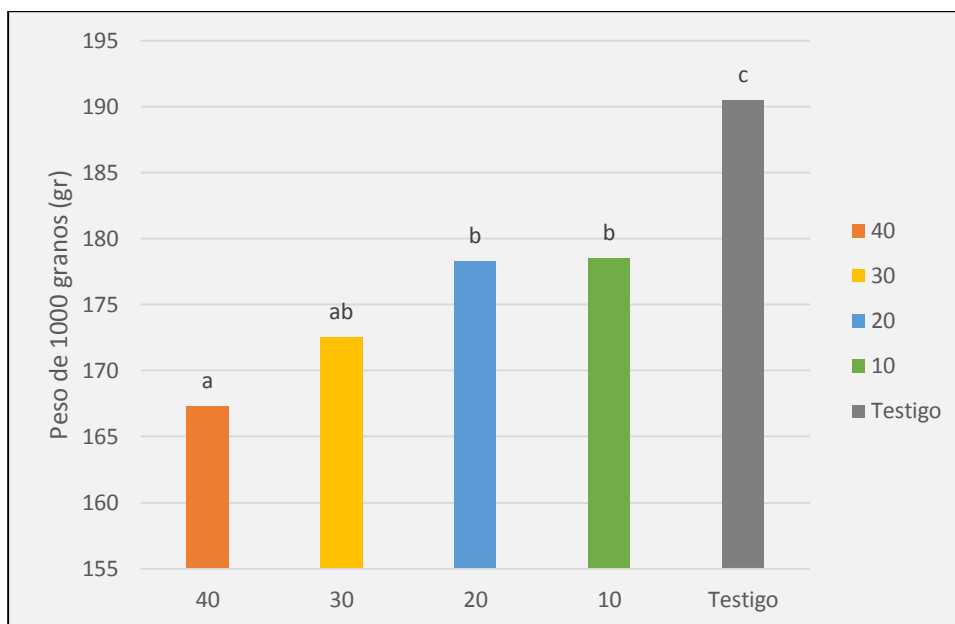
<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Peso promedio de 1000 granos</b>
<b>40</b>	<b>167,34</b>
<b>30</b>	<b>172,53</b>
<b>20</b>	<b>178,27</b>
<b>10</b>	<b>178,53</b>
<b>Testigo</b>	<b>190,47</b>

**Tabla 4. Peso de 1000 granos de soja para diferentes tratamientos de defoliación.**

Cuando se realiza el ANAVA se observó (Figura 8) que los tratamientos evaluados afectaron de manera significativa ( $p \leq 0.05$ ) esta variable, con un  $R^2$  de 74 % y un C.V. de 3,95 % (Tabla 7 Anexo).

Investigaciones realizadas por Todd y Morgan (1972) en esta etapa registran diferencias significativas entre los distintos niveles de defoliación, mientras que Tuttolomondo *et al.* (2008) no observaron variaciones con respecto a la variable analizada.

Al realizar el test LSD-Fisher se observa que hubo diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento sin defoliar y los demás niveles de defoliación. Además con un 40% de defoliación se muestra una reducción significativa en relación al 10 y 20% (Tabla 8, ver anexo). La disminución del peso de 1000 granos, fue de 6.3%, 6.4%, 9.4%, y 12% para el 10, 20, 30 y 40% de defoliación respectivamente en relación al testigo.



**Figura 8. Peso de 1000 granos para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R3 del cultivo de soja.**

Quando se analiza la variable “rendimiento” se observan diferencias entre los niveles de defoliación realizados (Tabla 5).

Tratamiento (% de defoliación)	Rendimiento promedio (qq/ha)	Pérdida de rendimiento (qq/ha)
40	10,55	4,47
30	11,74	3,28
20	13,20	1,82
10	13,58	1,44
Testigo	15,02	0

**Tabla 5. Rendimiento promedio de soja y pérdidas para diferentes tratamientos de defoliación.**

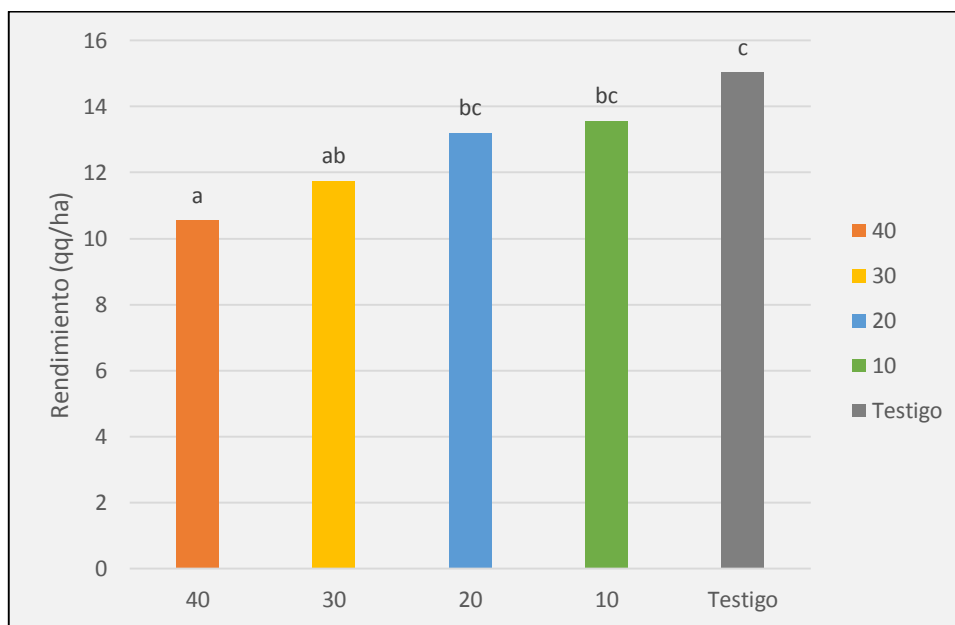
Se comprobó con el análisis estadístico correspondiente (ANAVA) para el estado R3 (Figura 9), que dichas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) con un  $R^2$  de 73% y un C.V. de 11,19% (Tabla 9 Anexo), demostrando que el rendimiento es afectado por los distintos niveles de defoliación implementados y a su vez concuerda con lo expresado en numerosos trabajos (Todd y Morgan, 1972; Turnipseed, 1972; Fehr *et al.*, 1977; Board *et al.*, 1994; Gazzoni y Moscardi, 1997; Ribeiro y Costa, 2000; Gamundi y



Perotti, 2002; Aragón, 2003; Costa Gonçalves *et al.*, 2003; Parcianello *et al.*, 2004; Perotti y Gamundi, 2006, 2007; Tuttolomondo *et al.*, 2008; y Boito *et al.*, 2011).

El test de comparación de medias LSD-Fisher (Tabla 10 Anexo) mostró diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento sin defoliación y los niveles del 30 y 40%, que se evidencian en mermas considerables de rendimiento, coincidiendo con las conclusiones de numerosos autores (Todd y Morgan, 1972; Nasca *et al.*, 1999; Costa Gonçalves *et al.*, 2003 y Tuttolomondo *et al.*, 2008) y discrepando con otras investigaciones (Gazzoni y Moscardi, 1997 y Ribeiro y Costa, 2000), que encontraron disminuciones del rendimiento a partir de 67 y 50% respectivamente de daño por defoliación. Las pérdidas en el rendimiento fueron de 22% y del 30% para los tratamientos con 30 y 40% de defoliación respectivamente.

Los tratamientos del 10 y 20% de defoliación no presentaron diferencias significativas de rendimiento con respecto al testigo, coincidiendo con lo expresado por Todd y Morgan (1972), Turnipseed (1972), Gazzoni y Moscardi (1997) y Perotti y Gamundi (2007), quienes encontraron que los niveles de defoliación menores a un tercio del área foliar no afectan el rendimiento del cultivo, contrastando con lo hallado por Perotti y Gamundi (2009), los mismos, observaron que con defoliaciones naturales del 14% ya se producían disminuciones de rendimiento. A su vez Boito *et al.* (2011), obtuvieron pérdidas del rendimiento, pero recién a partir de defoliaciones del 20%.



**Figura 9. Rendimiento (qq/ha) para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R3 del cultivo de soja.**

## ESTADO FENOLÓGICO R5.5.

Al evaluar la variable “**número de vainas por planta**” se observa (Tabla 6) que hubo diferencias entre los distintos tratamientos realizados; sin embargo, esas reducciones fueron mínimas variando del 3 al 11 % en los diferentes niveles de defoliación realizados.

<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Número promedio de vainas por planta</b>
<b>40</b>	<b>8,27</b>
<b>30</b>	<b>8,54</b>
<b>20</b>	<b>8,93</b>
<b>10</b>	<b>8,98</b>
<b>Testigo</b>	<b>9,28</b>

**Tabla 6. Vainas por planta de soja para diferentes tratamientos de defoliación.**

Al realizar el correspondiente análisis de la varianza (ANAVA) se comprueba que dichas diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) para los diferentes niveles de defoliación, con un  $R^2$  de 42 % y C.V. de 10,97% para esta etapa (Tabla 11 Anexo).

Dichos resultados se contradicen con lo expresado por Goliy Weaver (1986) y Ribeiro y Costa (2000), en el que se encontraron disminuciones importantes del número de vainas por planta en fases reproductivas avanzadas.

Lo mismo ocurrió con la variable “**número de granos por vaina**” donde los resultados observados (Tabla 7) no mostraron diferencias entre los tratamientos.

<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Número promedio de granos por vaina</b>
<b>40</b>	<b>2,08</b>
<b>30</b>	<b>2,09</b>
<b>20</b>	<b>2,13</b>
<b>10</b>	<b>2,19</b>
<b>Testigo</b>	<b>2,28</b>

**Tabla 7. Granos de soja por vaina para diferentes tratamientos de defoliación.**

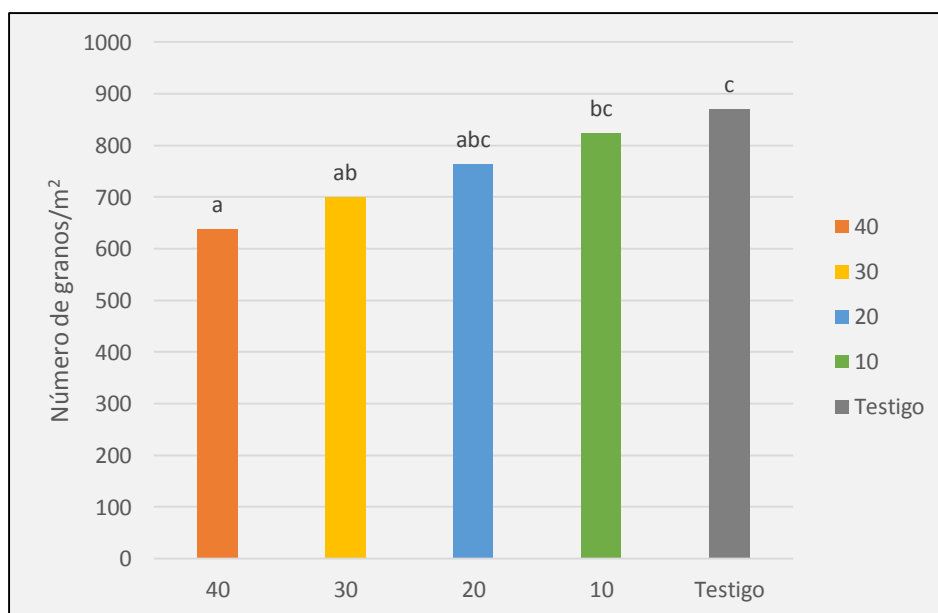
El análisis estadístico realizado (ANAVA) no mostró diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los diferentes tratamientos evaluados, con un  $R^2$  de 63% y un C.V. de 8,35 % (Tabla 13 Anexo).

Al analizar el componente del rendimiento “**número de granos por metro cuadrado**” los datos observados (Tabla 8) de los diferentes tratamientos mostraron diferencias.

<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Número promedio de granos por metro cuadrado</b>
<b>40</b>	<b>636,19</b>
<b>30</b>	<b>698,00</b>
<b>20</b>	<b>763,26</b>
<b>10</b>	<b>822,12</b>
<b>Testigo</b>	<b>869,48</b>

**Tabla 8. Granos de soja por metro cuadrado para diferentes tratamientos de defoliación.**

El ANAVA para este estado (Figura 10) manifestó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ) con un  $R^2$  de 65 % y un C.V. de 13,50 % (Tabla 15 Anexo).



**Figura 10. Granos por metro cuadrado para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R5.5 del cultivo de soja.**

Cuando se realiza el test de comparación de medias LSD-Fisher (Tabla 16 Anexo), se advierten diferencias estadísticas significativas en los niveles de defoliación del 30 y 40% respecto al tratamiento sin defoliación, con reducciones del 19.7 y 27% respectivamente. Se observó también diferencias importantes entre el 10 y el 40% de defoliación.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por Ribeiro y Costa (2000) y Parcianello *et al.* (2004), que demostraron que hubo incidencia de la defoliación sobre esta variable, a diferencia de lo evaluado por Tuttolomondo *et al.* (2008).

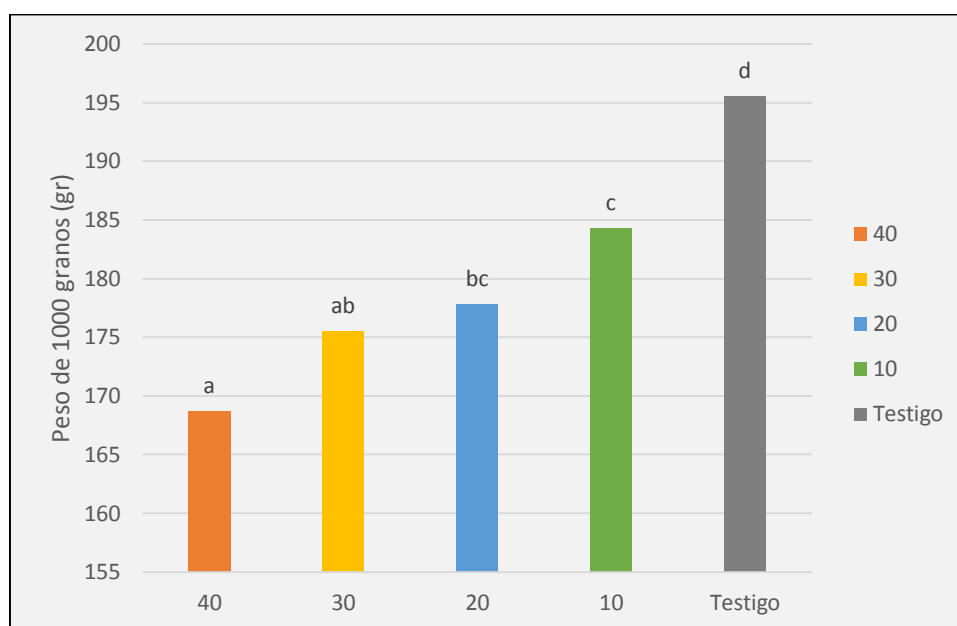
Acerca de la variable “**peso de 1000 granos**” se observa (Tabla 9) que hubo diferencias entre los distintos tratamientos realizados.

<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Peso promedio de 1000 granos</b>
<b>40</b>	<b>168,73</b>
<b>30</b>	<b>175,53</b>
<b>20</b>	<b>177,80</b>
<b>10</b>	<b>184,33</b>
<b>Testigo</b>	<b>195,53</b>

**Tabla 9. Peso de 1000 granos de soja para diferentes tratamientos de defoliación.**

El análisis de la varianza (ANAVA) (Figura 11) reveló que dichas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) para los distintos niveles de defoliación, con un  $R^2$  de 82% y un C.V. de 3,23% (Tabla 17 Anexo); coincidiendo con lo encontrado en varias investigaciones (Todd y Morgan, 1972; Tuttolomondo *et al.*, 2008; Enrico *et al.*, 2010).

Al realizar el test LSD-Fisher (Tabla 18 Anexo), se aprecian diferencias estadísticas significativas para los diversos tratamientos con respecto al testigo sin defoliar. Entre los distintos tratamientos se observa que el peso de 1000 granos obtenido con el 40% de defoliación se diferenció del 10 y 20%, la disminución del peso de 1000 granos fue de 5.7%, 9%, 10.2% y 13.7%, para el 10, 20, 30 y 40% de defoliación respectivamente en relación al testigo.



**Figura 11. Peso de 1000 granos para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R5.5 del cultivo de soja.**

En cuanto al componente “rendimiento” los valores obtenidos (Tabla 10) manifestaron que hubo diferencias entre los diferentes tratamientos realizados.

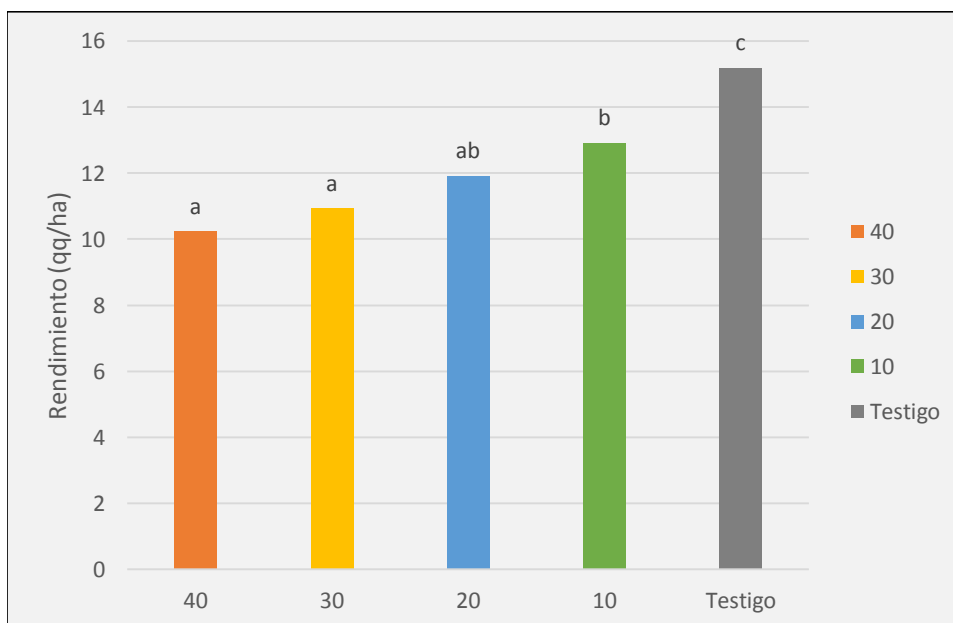
<b>Tratamiento (% de defoliación)</b>	<b>Rendimiento promedio (qq/ha)</b>	<b>Pérdida de rendimiento (qq/ha)</b>
<b>40</b>	<b>10,23</b>	<b>4,95</b>
<b>30</b>	<b>10,93</b>	<b>4,25</b>
<b>20</b>	<b>11,91</b>	<b>3,27</b>
<b>10</b>	<b>12,90</b>	<b>2,28</b>
<b>Testigo</b>	<b>15,18</b>	<b>0</b>

**Tabla 10. Rendimiento promedio de soja y pérdidas del mismo para diferentes tratamientos de defoliación.**

Según el análisis estadístico realizado (ANAVA) para este estado (Figura 12), se observó diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos, con un  $R^2$  de 78% y un C.V de 11,03% en esta etapa ontogénica (Tabla 19 Anexo).

El test de comparación de medias LSD-Fisher (Tabla 20 Anexo) señala diferencias estadísticas significativas de todos los niveles de defoliación con respecto al tratamiento sin defoliar. A su vez los tratamientos con 40 y 30% mostraron diferencias en relación al tratamiento con 10% de defoliación. La disminución del rendimiento fue de 15%, 21.5%, 28% y 32.6% para el 10, 20, 30 y 40% de defoliación respectivamente en relación al testigo.

Coincidiendo con lo encontrado por distintos autores (Fehr *et al.*, 1977; Parcianello *et al.*, 2004; Gamundi y Perotti, 2006, 2007; Tuttolomondo *et al.*, 2008; Perotti y Gamundi, 2009; Enrico *et al.*, 2010) que descubrieron disminuciones significativas en el rendimiento producidas por la defoliación en esta etapa. Sin embargo, Ribeiro y Costa (2000) hallaron que recién con un nivel de defoliación del 50% se afectó de manera significativa el rendimiento del cultivo, lo mismo que manifestaron Nasca *et al.* (1999) y Costa Gonçalves *et al.* (2003), pero siendo afectado a partir de un nivel de defoliación del 67%.

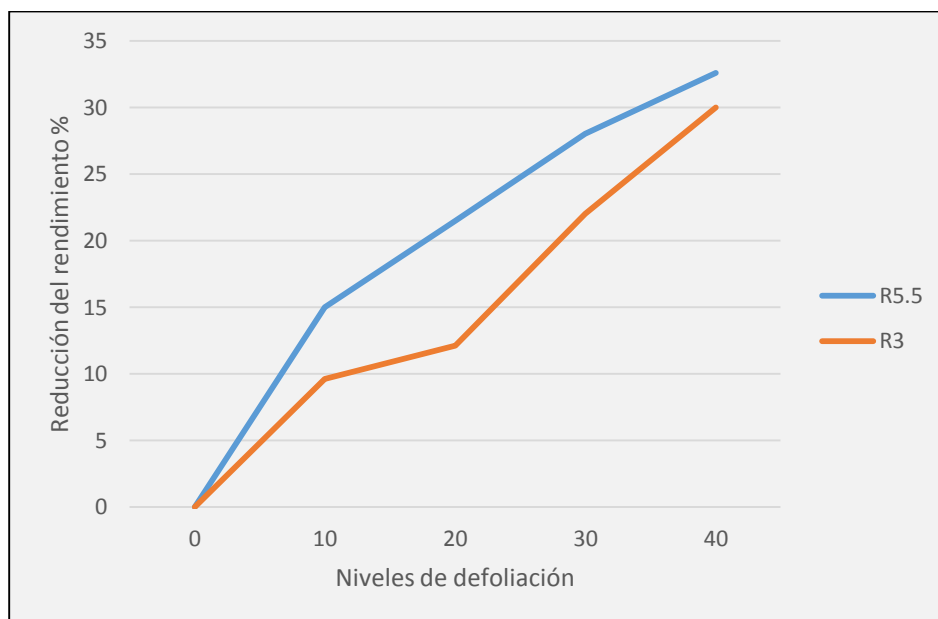


**Figura 12. Rendimiento (qq/ha) para los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R5.5 del cultivo de soja.**

Defoliaciones realizadas durante estados vegetativos, frecuentemente no reducen la producción de granos, pero sí producen mermas significativas en estados reproductivos (Bimboni, 1979; Gamundi *et al.*, 1981; Gazzoni y Moscardi, 1997; Gamundi y Perotti, 2002; Aragón, 2003; Parcianello *et al.*, 2004); coincidiendo con lo hallado en este trabajo que ratifica la disminución del rendimiento y sus componentes cuando el mismo es sometido a defoliaciones realizadas durante los estados más avanzados del cultivo. Según Tuttolomondo *et al.* (2008) esto se debe que, a medida que la soja progresa hacia las etapas reproductivas, la capacidad de compensación ante situaciones de estrés disminuye y las pérdidas potenciales de rendimiento se incrementan.

Al analizar la incidencia de cada nivel de defoliación sobre las pérdidas porcentuales de rendimiento se observó (Figura 13), que la incidencia fue mayor en el estado fenológico R5.5 para todos los niveles de defoliación. Existió una marcada diferencia entre estados para el 20% de defoliación, el cual ocasionó pérdida de rendimiento de 12,1 y 21,5% para R3 y

R5.5 respectivamente. Con niveles más altos de defoliación las diferencias de pérdidas entre estados fueron menores.



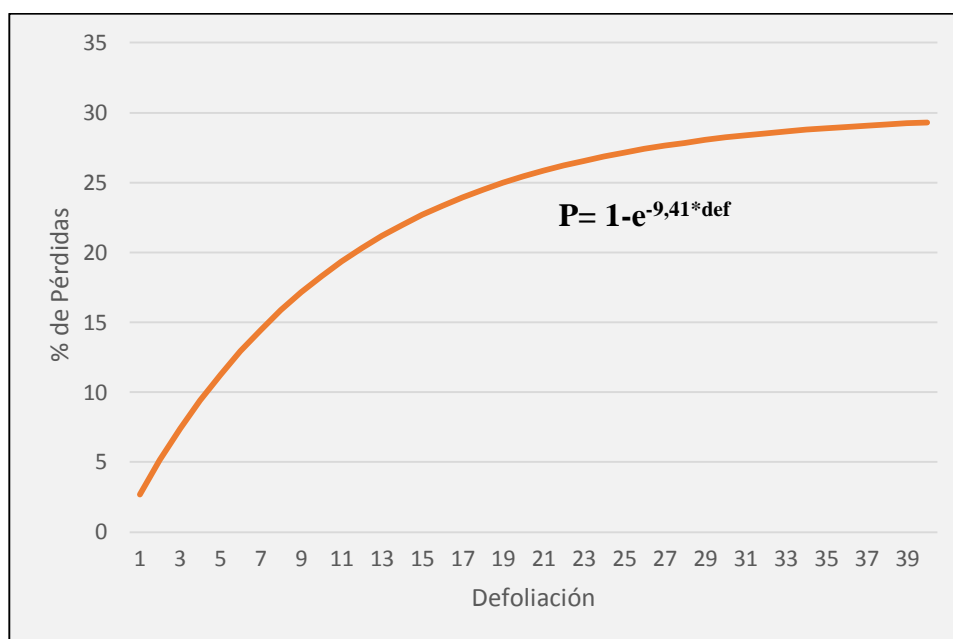
**Figura 13. Pérdidas de rendimiento (%) ocasionadas por distintos niveles de defoliación en dos estados fenológicos del cultivo de soja.**

Esto significa que cuando las defoliaciones se producen en estados reproductivos más avanzados las plantas pueden tolerar menos daño que cuando ocurren en los primeros estados reproductivos coincidiendo con lo expresado por Aragón (2003), Perotti y Gamundi (2006) y Tuttolomondo *et al.* (2008), que concluyen que la capacidad de compensar los daños por defoliación permite un amplio margen de tolerancia en la etapa previa a la formación de grano. Estas mermas en el rendimiento, producidas en la etapa de llenado de granos, podrían justificar el control de la plaga en la mayoría de los tratamientos evaluados.

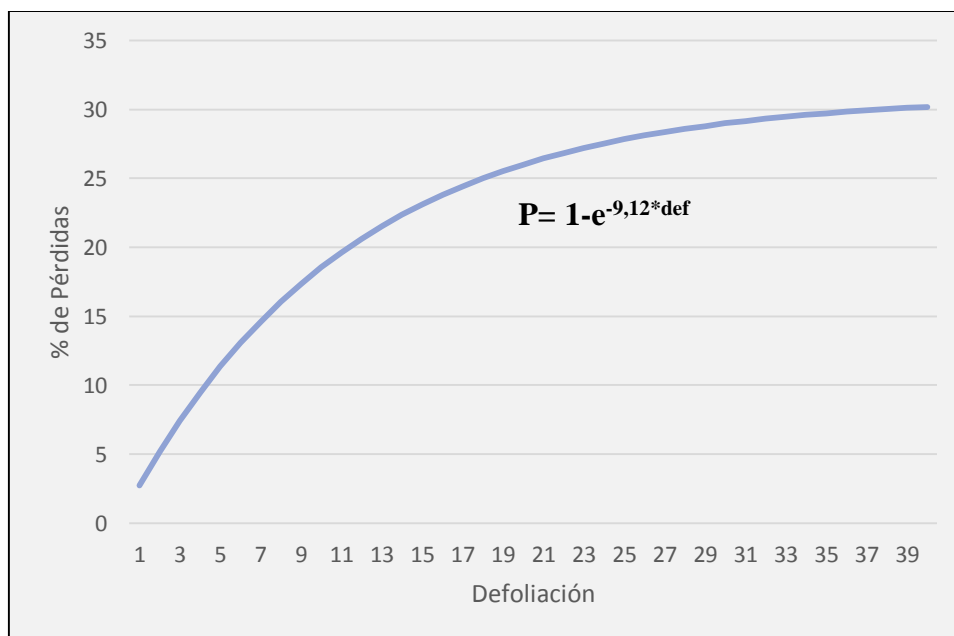
Según Salvagiotti *et al.* (2010), cualquier tipo de estrés que sufra el cultivo entre el período de comienzo de floración (R1) y llenado de granos (R5) afecta el número potencial de granos, y si este ocurre durante el período de R5 y madurez fisiológica (R7) también se verá afectado el peso de los mismos, por lo que en cualquiera de los casos el rendimiento tendrá severas disminuciones. Higley (1992) concluyó que las reducciones del rendimiento de soja debido a la defoliación resultaron principalmente de la disminución de la intercepción de luz del dosel de las plantas deshojadas. Por otra parte, Perotti y Gamundi (2007) comprobaron que en R1 la capacidad de recuperación del IAF y el rendimiento fue mayor que en R5.

Al realizar el ajuste de las pérdidas de rendimiento según los diferentes modelos propuestos se observa que, para los dos estados fenológicos estudiados, el modelo que mejor

ajusta es el Monomolecular con un  $R^2$  de 0.86 para ambos estados y un nivel de significancia de 0.0081 y 0.0075 para R3 y R5.5 respectivamente (Figuras 14 y 15).



**Figura 14. Función de daño para defoliación de soja en estado fenológico R3, en el cultivar Don Mario 3810.**



**Figura 15. Función de daño para defoliación de soja en estado fenológico R5.5, en el cultivar Don Mario 3810.**



## CONCLUSIÓN

- ✓ El rendimiento disminuye con el incremento de los niveles de defoliación.
  
- ✓ Para el cultivar Don Mario 3810 (ciclo corto) analizado en este trabajo, la etapa de llenado de granos se vio en mayor medida afectada que la etapa de formación de vainas por los distintos niveles de defoliación realizados.
  
- ✓ Las defoliaciones artificiales realizadas durante el estado de formación de vainas afectan el rendimiento de manera significativa cuando las mismas son superiores al 30%, y en la etapa de llenado de granos cuando las mismas son mayores al 10%, donde se justificaría emplear una medida de control.
  
- ✓ La máxima pérdida de rendimiento observada fue de 32,6% en comparación con el testigo, realizando el mayor nivel de defoliación en la etapa de llenado de granos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARAGÓN, J. 2003. *Manejo integrado de plagas del cultivo de soja en la región pampeana central*. En: El libro de la soja, Argentina. EEA INTA Marcos Juárez. p: 149-153.
- BATISTELA, M.; A. DE FREITAS BUENO; M. NAIME NISHIKAWA; R. OLIVEIRA DE FREITAS BUENO; G. HIDALGO; L. SILVA; E. CORBO y R. SILVA. 2012. Re-evaluation of leaf-lamina consumer thresholds for IPM decisions in short-season soybeans using artificial defoliation. *Crop Protection*. 32: 7-11.
- BIMBONI, H. G. 1979. Efectos de la defoliación manual sobre el rendimiento en cultivo de soja. **VI Reunión Técnica Nacional de Soja**. Santa Fe. 14 pp.
- BOARD, J.; A. WIER y BOETHEL D. 1994. Soybean Yield Reductions Caused by Defoliation during Mid to Late Seed Filling. *Agronomy Journal*. 86 (6): 1074-1079.
- BOITO, G.; C. CASSANO; J. GIUGGIA; A. CRENNNA y D. GIOVANINI. 2011. Incidencia de la defoliación artificial sobre el rendimiento en cultivares de soja de diferentes grupos de madurez. Actas del Quinto Congreso de la Soja del Mercosur. Primer Foro de la Soja Asia-Mercosur. En soporte digital, PVI-19: 1-4.
- BOLSA DE COMERCIO DE ROSARIO. 2014. Estimaciones de producción. En: <https://www.bcr.com.ar/pages/gea/estimaProd.aspx>. Consultado: 26/03/2014.
- COSTA GONÇALVES M.; R. BALARDIN.; E. C. COSTA.; A .GRÜTZMACHER y M. BRAGA DA SILVA. 2003. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. Universidad Federal de Santa Maria. *Ciencia Rural*. 33 (5): 813-819.
- DE LA FUENTE, E. B.; A. GIL; P. I. GIMENEZ; A. G. KANTOLIC; M. LOPEZ PEREIRA; E. L. PLOCHUK; D. M. SORLINO; P. VILARINO; D. F. WASSNER y L. B. WINDAUER. 2006. *Cultivos industriales*. 1a edición. Ed Facultad de Agronomía de Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. p: 98-100.

- DE LA VEGA, A. y E. DE LA FUENTE. 2004. Elección de genotipos. En: *Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo*. 2da edición. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. p: 319-345.
- DI RIENZO, J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALES; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- ENRICO, J. M.; A. KANTOLIC y M. L. BODRERO. 2010. Cuantificación del efecto de las defoliaciones tardías sobre los parámetros de crecimiento de semillas de soja [*Glycine max.* Merr. (L)]. Revista para mejorar la producción 45. INTA EEA Oliveros Cátedra de cultivos industriales, Facultad Agronomía UBA. p: 35-40.
- EVANS, L.T. y R.A. FISCHER. 1999. Yield potential its definition, measurement, and significance, *Crop Science*. 39:1544-1551.
- FEHR, W.; C. CAVINES y J. VORST. 1977. Response of Indeterminate and Determinate Soybean Cultivars to Defoliation and Half-plant Cut-off. *Crop Science*. 17 (6): 913-917.
- GAMUNDI, J.C.; R.C. MASSARO; A.M. MOLINARI y B. MASSIERO. 1981. Efecto de la defoliación artificial en soja sobre el rendimiento y sus componentes. **Reuniones Técnicas Nacionales VII de soja y IV de girasol**. Córdoba. Resúmenes I: 84.
- GAMUNDI, J.C. y E. PEROTTI. 2002. Manejo integrado de orugas defoliadoras y chinches: umbrales de daño. En: [www.agrolluvia.com](http://www.agrolluvia.com). Consultado: 28-03-2014.
- GAZZONI, D. y F. MOSCARDI. 1997. Efeito de níveis de desfolhamento na recuperação de área foliar e na produção e características agrônômicas da soja. En: *Pesq. Agropec. Bras.* Brasilia. 33 (4): 411-424.
- GOLI, A. y D.B. WEAVER. 1986. Defoliation Responses of Determinate and Indeterminate Late-Planted Soybeans. *Crop Science*. 26 (1): 156-159.

- HIGLEY, L.G. 1992. New Understandings of Soybean Defoliation and their Implication for Pest Management. En: *Pest Management in Soybean*. 1era edición. Ed: Springer Netherlands. p: 56-65.
- HYMOWITZ, T. y W.R. SHURTLEFF. 2005. Debunking soybean myths and legends in the historical and popular literature. *Crop Science*. 45: 473-476.
- MARTIGNONE, R. A.; J. M. ENRICO; M. L. BODRERO y J. M. ADRIANI. 2010. Factores asociados con la variabilidad de rendimientos entre grupos de madurez en soja. EEA INTA Oliveros. *Para mejorar la producción*. p: 26.
- MELGAR, R.; G. VITTI; y V. BENITES. 2011. *Importancia económica y agrícola de la soja en Latinoamérica*. En: Fertilizando para altos rendimientos. Soja en Latinoamérica. Instituto Internacional de la Potasa Horgen/Suiza. Boletín No. 20. p: 6.
- NASCA, A. J.; D. FRASCAROLO; M.C. LEMME y H.O. LAZARO. 1999. Relaciones rendimiento – defoliación soja. Resúmenes de trabajos y conferencias. **Mercosoja 99**. Rosario Argentina.
- PARCIANELLO, G.; J. COSTA.; J. FERNANDES PIRES.; L. RAMBO y K. SAGGIN. 2004. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. Universidad Federal de Santa María. 34 (2): 357-364.
- PEROTTI, E. R. y J. C. GAMUNDI. 2006. Incidencia de la defoliación en cultivares determinados e indeterminados (GM III, IV y V) con diferentes espaciamentos entre líneas. INTA EEA Oliveros. *Para Mejorar la Producción*. 33: 86-91.
- PEROTTI, E. y J. GAMUNDI. 2007. Evaluación del daño provocado por lepidópteros defoliadores en cultivares de soja determinados e indeterminados (GM III, IV, V) con diferentes espaciamentos 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. EEA INTA Oliveros. *Para mejorar la producción*. p: 113- 115.
- PICCOLO, M. 2004. *Producción y comercialización mundial y nacional de soja*. Grupo de trabajo economía y sociología rural. Hoja informativa N° 23. INTA Salta.
- RIBEIRO, A. L. P. y E. C. COSTA. 2000. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar br 16, no rendimento de grãos. Universidad Federal de Santa María. 30 (5): 767-771.
- SALVAGIOTTI, F.; J. M. ENRICO; M. BODRERO y S. BACIGALUPPO. 2010. Producción de soja y uso eficiente de los recursos. EEA INTA Oliveros. *Para mejorar la producción*. p: 151.
- TODD, J. y L. MORGAN. 1972. Effects of Hand Defoliation on Yield and Seed Weight of Soybeans. *Journal of Economic Entomology*. 65 (2): 567-570.
- TURNIPSEED, S. G. 1972. Response of Soybeans to Foliage Losses in South Carolina. *Journal of Economic Entomology*. 65: 224-229.
- TUTTOLOMONDO, G.; I. ROBASCO; N. PIZZICHINI; S. COLOCCIONI y C. DESTÈFANIS. 2008. Soja: Incidencia de la defoliación en el rendimiento y sus componentes. Revista Agromensajes. Publicación Cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR. N° 26. 5 pp.
- USDA. 2013. Home/ Marketing and trade/ Exporting good /Production, supply and distribution/ Oil seed/ Table 07: Soybean: World supply and distribution. En:<http://www.fas.usda.gov/psdonline/>. Consultado: 25/03/2014.
- WARNER, K. y T.L. MOUNTS. 1993. Frying Stability of Soybean and Canola Oils with Modified Fatty Acid Compositions. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 70: 983-988.

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.

## ANEXO

### Estado fenológico R3.

Tabla 1: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de vainas por planta entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	<b>21,35</b>	<b>8</b>	<b>2,67</b>	<b>2,89</b>	<b>0,0336</b>
<b>Bloque</b>	<b>1,26</b>	<b>4</b>	<b>0,31</b>	<b>0,34</b>	<b>0,8463</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>20,09</b>	<b>4</b>	<b>5,02</b>	<b>5,44</b>	<b>0,0058</b>
<b>Error</b>	<b>14,76</b>	<b>16</b>	<b>0,92</b>		
<b>Total</b>	<b>36,12</b>	<b>24</b>			

Tabla 2: 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 estado fenológico R3.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
<b>40</b>	<b>8,10</b>	<b>5</b>	<b>0,43</b>	<b>a</b>
<b>30</b>	<b>9,28</b>	<b>5</b>	<b>0,43</b>	<b>a b</b>
<b>20</b>	<b>9,38</b>	<b>5</b>	<b>0,43</b>	<b>a b</b>
<b>10</b>	<b>9,45</b>	<b>5</b>	<b>0,43</b>	<b>a b</b>
<b>Testigo</b>	<b>10,92</b>	<b>5</b>	<b>0,43</b>	<b>c</b>

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

Tabla 3: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vaina entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>0,51</b>	<b>8</b>	<b>0,06</b>	<b>2,14</b>	<b>0,0927</b>
<b>Bloque</b>	<b>0,42</b>	<b>4</b>	<b>0,11</b>	<b>3,58</b>	<b>0,0287</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>0,08</b>	<b>4</b>	<b>0,02</b>	<b>0,70</b>	<b>0,6014</b>
<b>Error</b>	<b>0,47</b>	<b>16</b>	<b>0,03</b>		
<b>Total</b>	<b>0,98</b>	<b>24</b>			

Tabla 4: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vaina entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>40</b>	<b>2,29</b>	<b>5</b>	<b>0,08</b>	<b>a</b>
<b>30</b>	<b>2,12</b>	<b>5</b>	<b>0,08</b>	<b>a</b>
<b>20</b>	<b>2,24</b>	<b>5</b>	<b>0,08</b>	<b>a</b>
<b>10</b>	<b>2,16</b>	<b>5</b>	<b>0,08</b>	<b>a</b>
<b>Testigo</b>	<b>2,22</b>	<b>5</b>	<b>0,08</b>	<b>a</b>

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

Tabla 5: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por metro cuadrado entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>287957,62</b>	<b>8</b>	<b>35994,70</b>	<b>5,64</b>	<b>0,0017</b>
<b>Bloque</b>	<b>138003,65</b>	<b>4</b>	<b>34500,91</b>	<b>5,40</b>	<b>0,0060</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>149953,98</b>	<b>4</b>	<b>37488,49</b>	<b>5,87</b>	<b>0,0042</b>
<b>Error</b>	<b>102169,62</b>	<b>16</b>	<b>6385,60</b>		
<b>Total</b>	<b>390127,25</b>	<b>24</b>			

Tabla 6: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por metro cuadrado entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.



Tratamiento	Medias	n	E.E.	
40	711,52	5	35,74	a
30	772,76	5	35,74	a
20	813,31	5	35,74	a
10	793,02	5	35,74	a
Testigo	946,53	5	35,74	b

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

Tabla 7: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de 1000 granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2268,65	8	283,58	5,79	0,0014
Bloque	780,08	4	195,02	3,98	0,0199
Tratamiento	1488,57	4	372,14	7,59	0,0013
Error	784,21	16	49,01		
Total	3052,86	24			

Tablas 8: Test LSD Fisher ( $\alpha: 0,05$ ) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de 1000 granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
40	167,34	5	3,13	a
30	172,53	5	3,13	a b
20	178,27	5	3,13	b
10	178,53	5	3,13	b
Testigo	190,47	5	3,13	c

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

Tabla 9: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas de rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación en el estado fenológico R3.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>87,47</b>	<b>8</b>	<b>10,93</b>	<b>5,32</b>	<b>0,0022</b>
<b>Bloque</b>	<b>27,95</b>	<b>4</b>	<b>6,99</b>	<b>3,40</b>	<b>0,0342</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>59,53</b>	<b>4</b>	<b>14,88</b>	<b>7,23</b>	<b>0,0016</b>
<b>Error</b>	<b>32,91</b>	<b>16</b>	<b>2,06</b>		
<b>Total</b>	<b>120,38</b>	<b>24</b>			

Tabla 10: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas de rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R3.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>40</b>	<b>10,55</b>	<b>5</b>	<b>0,64</b>	<b>a</b>
<b>30</b>	<b>11,74</b>	<b>5</b>	<b>0,64</b>	<b>a b</b>
<b>20</b>	<b>13,20</b>	<b>5</b>	<b>0,64</b>	<b>b c</b>
<b>10</b>	<b>13,58</b>	<b>5</b>	<b>0,64</b>	<b>b c</b>
<b>Testigo</b>	<b>15,02</b>	<b>5</b>	<b>0,64</b>	<b>c</b>

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

#### **Estado fenológico R 5.5.**

Tabla 11: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de vainas por planta entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>10,74</b>	<b>8</b>	<b>1,34</b>	<b>1,44</b>	<b>0,2538</b>
<b>Bloque</b>	<b>7,56</b>	<b>4</b>	<b>1,89</b>	<b>2,03</b>	<b>0,1385</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>3,17</b>	<b>4</b>	<b>0,79</b>	<b>0,85</b>	<b>0,5132</b>
<b>Error</b>	<b>14,90</b>	<b>16</b>	<b>0,93</b>		
<b>Total</b>	<b>25,64</b>	<b>24</b>			

Tabla 12: 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 estado fenológico R5.5.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
40	8,98	5	0,43	a
30	8,54	5	0,43	a
20	8,93	5	0,43	a
10	8,27	5	0,43	a
Testigo	9,28	5	0,43	a

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

Tabla 13: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vaina entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,88	8	0,11	3,37	0,0185
Bloque	0,74	4	0,18	5,64	0,0050
Tratamiento	0,14	4	0,04	1,10	0,3912
Error	0,52	16	0,03		
Total	1,40	24			

Tabla 14: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por vaina entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
40	2,28	5	0,08	a
30	2,09	5	0,08	a
20	2,13	5	0,08	a
10	2,09	5	0,08	a
Testigo	2,22	5	0,08	a

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

Tabla 15: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por metro cuadrado entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>313227,39</b>	<b>8</b>	<b>39153,42</b>	<b>3,74</b>	<b>0,0118</b>
<b>Bloque</b>	<b>138201,17</b>	<b>4</b>	<b>34550,29</b>	<b>3,30</b>	<b>0,0374</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>175026,22</b>	<b>4</b>	<b>43756,55</b>	<b>4,18</b>	<b>0,0166</b>
<b>Error</b>	<b>167358,31</b>	<b>16</b>	<b>10459,89</b>		
<b>Total</b>	<b>480585,69</b>	<b>24</b>			

Tabla 16: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas del número de granos por metro cuadrado entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>40</b>	<b>636,19</b>	<b>5</b>	<b>45,74</b>	<b>a</b>
<b>30</b>	<b>698,00</b>	<b>5</b>	<b>45,74</b>	<b>a b</b>
<b>20</b>	<b>763,26</b>	<b>5</b>	<b>45,74</b>	<b>a b c</b>
<b>10</b>	<b>822,12</b>	<b>5</b>	<b>45,74</b>	<b>b c</b>
<b>Testigo</b>	<b>869,48</b>	<b>5</b>	<b>45,74</b>	<b>c</b>

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

Tabla 17: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de 1000 granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>2536,73</b>	<b>8</b>	<b>317,09</b>	<b>9,37</b>	<b>0,0001</b>
<b>Bloque</b>	<b>481,32</b>	<b>4</b>	<b>120,33</b>	<b>3,55</b>	<b>0,0294</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>2055,42</b>	<b>4</b>	<b>513,85</b>	<b>15,18</b>	<b>0,0001</b>
<b>Error</b>	<b>541,68</b>	<b>16</b>	<b>33,86</b>		
<b>Total</b>	<b>3078,42</b>	<b>24</b>			

Tablas 18: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas del peso de 1000 granos entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>40</b>	<b>168,73</b>	<b>5</b>	<b>2,60</b>	<b>a</b>
<b>30</b>	<b>175,53</b>	<b>5</b>	<b>2,60</b>	<b>a b</b>
<b>20</b>	<b>177,80</b>	<b>5</b>	<b>2,60</b>	<b>b c</b>
<b>10</b>	<b>184,33</b>	<b>5</b>	<b>2,60</b>	<b>c</b>
<b>Testigo</b>	<b>195,53</b>	<b>5</b>	<b>2,60</b>	<b>d</b>

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

Tabla 19: Análisis de la Varianza (SC tipo III) para evaluar diferencias estadísticas significativas de rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Modelo</b>	<b>105,36</b>	<b>8</b>	<b>13,17</b>	<b>7,25</b>	<b>0,0004</b>
<b>Bloque</b>	<b>30,68</b>	<b>4</b>	<b>7,67</b>	<b>4,22</b>	<b>0,0161</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>74,69</b>	<b>4</b>	<b>18,67</b>	<b>10,27</b>	<b>0,0003</b>
<b>Error</b>	<b>29,08</b>	<b>16</b>	<b>1,82</b>		
<b>Total</b>	<b>134,44</b>	<b>24</b>			

Tabla 20: Test LSD Fisher ( $\alpha$ : 0,05) para evaluar diferencias estadísticas significativas de rendimiento entre los diferentes niveles de defoliación para el estado fenológico R5.5.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
<b>40</b>	<b>10,23</b>	<b>5</b>	<b>0,60</b>	<b>a</b>
<b>30</b>	<b>10,93</b>	<b>5</b>	<b>0,60</b>	<b>a</b>
<b>20</b>	<b>11,91</b>	<b>5</b>	<b>0,60</b>	<b>a b</b>
<b>10</b>	<b>12,90</b>	<b>5</b>	<b>0,60</b>	<b>b</b>
<b>Testigo</b>	<b>15,18</b>	<b>5</b>	<b>0,60</b>	<b>c</b>

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

**Tabla 21: Análisis de regresión lineal de pérdidas en el estado fenológico R3.**

**ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO MONOMOLECULAR**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>ECMP</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>
-----------------	----------	----------------------	------------------------	-------------	------------	------------

Mono	5	<b>0,86</b>	0,82	1,76	14,43	13,65
------	---	-------------	------	------	-------	-------

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

<u>Coef</u>	<u>Est.</u>	<u>E.E.</u>	<u>LI(95%)</u>	<u>LS(95%)</u>	<u>T</u>	<u>p-valor</u>	<u>CpMallows</u>
-------------	-------------	-------------	----------------	----------------	----------	----------------	------------------

Valor pérdidas	<b>9,41</b>	1,92	4,08	14,75	4,90	<b>0,0081</b>	19,38
----------------	-------------	------	------	-------	------	---------------	-------

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
-------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------------

Modelo	14,13	1	14,13	23,98	0,0081
--------	-------	---	-------	-------	--------

Valor pérdidas	14,13	1	14,13	23,98	0,0081
----------------	-------	---	-------	-------	--------

Error	2,36	4	0,59		
-------	------	---	------	--	--

Total	16,49	5			
-------	-------	---	--	--	--

**ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO GOMPERTZ**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>ECMP</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>
-----------------	----------	----------------------	------------------------	-------------	------------	------------

Gompertz	5	0,75	0,68	2,71	16,99	16,21
----------	---	------	------	------	-------	-------

**Coefficientes de regresión y estadísticos asociados**

<u>Coef</u>	<u>Est.</u>	<u>E.E.</u>	<u>LI(95%)</u>	<u>LS(95%)</u>	<u>T</u>	<u>p-valor</u>	<u>CpMallows</u>
-------------	-------------	-------------	----------------	----------------	----------	----------------	------------------

Valor pérdidas	8,55	2,48	1,65	15,45	3,44	0,0262	9,68
----------------	------	------	------	-------	------	--------	------

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
-------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------------

Modelo	11,66	1	11,66	11,85	0,0262
--------	-------	---	-------	-------	--------

Valor pérdidas	11,66	1	11,66	11,85	0,0262
----------------	-------	---	-------	-------	--------

Error	3,94	4	0,98		
-------	------	---	------	--	--

Total	15,60	5			
-------	-------	---	--	--	--

**ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO EXPONENCIAL**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>ECMP</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>
-----------------	----------	----------------------	------------------------	-------------	------------	------------

Exp	5	0,65	0,56	2,16	17,89	17,11
-----	---	------	------	------	-------	-------

### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
Valor pérdidas	-7,41	2,72	-14,96	0,13	-2,73	0,0525	6,16

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,77	1	8,77	7,45	0,0525
Valor pérdidas	8,77	1	8,77	7,45	0,0525
Error	4,71	4	1,18		
Total	13,48	5			

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO LOGÍSTICO

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Logístico	5	0,58	0,47	4,18	19,60	18,82

### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows
Valor pérdidas	7,56	3,22	-1,38	16,51	2,35	0,0788	4,61

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,13	1	9,13	5,51	0,0788
Valor pérdidas	9,13	1	9,13	5,51	0,0788
Error	6,63	4	1,66		
Total	15,75	5			

Tabla 22: Análisis de regresión lineal de pérdidas en el estado fenológico R5.5.

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO MONOMOLECULAR

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	ECMP	AIC	BIC
Mono	5	<b>0,86</b>	0,83	1,70	15,57	14,79

### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
Valor pérdidas	<b>9,12</b>	1,82	4,06	14,17	5,01	<b>0,0075</b>	20,25	1,00

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	18,55	1	18,55	25,06	0,0075
Valor pérdidas	18,55	1	18,55	25,06	0,0075
Error	2,96	4	0,74		
<u>Total</u>	<u>21,51</u>	<u>5</u>			

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO GOMPERTZ

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>ECMP</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>
Gompertz	5	0,81	0,76	2,17	17,03	16,25

### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

<u>Coef</u>	<u>Est.</u>	<u>E.E.</u>	<u>LI(95%)</u>	<u>LS(95%)</u>	<u>T</u>	<u>p-valor</u>	<u>CpMallows</u>	<u>VIF</u>
Valor pérdidas	8,59	2,11	2,74	14,44	4,08	0,0151	13,50	1,00

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	16,47	1	16,47	16,62	0,0151
Valor pérdidas	16,47	1	16,47	16,62	0,0151
Error	3,96	4	0,99		
<u>Total</u>	<u>20,44</u>	<u>5</u>			

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO EXPONENCIAL

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>ECMP</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>
Exp	5	0,81	0,76	0,74	13,21	12,42

### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

<u>Coef</u>	<u>Est.</u>	<u>E.E.</u>	<u>LI(95%)</u>	<u>LS(95%)</u>	<u>T</u>	<u>p-valor</u>	<u>CpMallows</u>	<u>VIF</u>
Valor pérdidas	-5,88	1,44	-9,88	-1,89	-4,09	0,0149	13,60	1,00



### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	7,73	1	7,73	16,75	0,0149
Valor pérdidas	7,73	1	7,73	16,75	0,0149
Error	1,85	4	0,46		
<u>Total</u>	<u>9,57</u>	<u>5</u>			

### ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL MODELO LOGÍSTICO

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>ECMP</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>
<u>Logístico</u>	<u>5</u>	<u>0,73</u>	<u>0,66</u>	<u>2,82</u>	<u>18,55</u>	<u>17,77</u>

### Coefficientes de regresión y estadísticos asociados

<u>Coef</u>	<u>Est.</u>	<u>E.E.</u>	<u>LI(95%)</u>	<u>LS(95%)</u>	<u>T</u>	<u>p-valor</u>	<u>CpMallows</u>	<u>VIF</u>
<u>Valor pérdidas</u>	<u>8,02</u>	<u>2,45</u>	<u>1,20</u>	<u>14,83</u>	<u>3,27</u>	<u>0,0309</u>	<u>8,74</u>	<u>1,00</u>

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	14,35	1	14,35	10,68	0,0309
Valor pérdidas	14,35	1	14,35	10,68	0,0309
Error	5,37	4	1,34		
<u>Total</u>	<u>19,72</u>	<u>5</u>			