

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

SIMULACIÓN DE DAÑOS DE INSECTOS QUE SE ALIMENTAN DE
BROTOS DE SOJA EN PLANTAS SOMETIDAS A DIFERENTES
REGÍMENES HÍDRICOS

por

Santiago ARGUINARENA
Adrián CORDERO SEPERGO
Federico ORSI de los REYES

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. (MSc.) Adela Ribeiro

.....

Ing. Agr. Horacio Silva

.....

Ing. Agr. Silvana Abatte

Fecha: 20 de octubre de 2016

Autores:

Santiago Arguinarena

.....

Adrián Cordero Sepergo

.....

Federico Orsi de los Reyes

AGRADECIMIENTOS

A la familia, amigos, novias y compañeros de facultad que nos dieron una mano. Especial agradecimiento a Adela Ribeiro y Sully Toledo por siempre estar dispuestas a atendernos.

Santiago, Adrián y Federico.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 EL CULTIVO DE SOJA	2
2.2 IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS EN SOJA	4
2.3 PRINCIPALES INSECTOS QUE ATACAN BROTES DE SOJA	5
2.3.1 <u><i>Crociosema aporema</i> (Walsingham) (Lepidoptera: Tortricidae)</u>	5
2.3.1.1 Descripción de los distintos estados de desarrollo y biología ..	5
2.3.1.2 Plantas alimenticias	7
2.3.1.3 Distribución, importancia económica, y daños	7
2.3.1.4 Enemigos naturales	8
2.3.2 <u><i>Helicoverpa gelotopoeon</i> (Dyar) (Lepidoptera: Noctuidae)</u>	9
2.3.2.1 Descripción de los distintos estados de desarrollo y	
biología	9
2.3.2.2 Distribución, importancia económica y daños	10
2.3.2.3 Enemigos naturales	11
2.3.3 <u><i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)</u>	11
2.3.3.1 Descripción de los distintos estados de desarrollo	11
2.3.3.2 Biología y plantas hospedantes	12
2.3.3.3 Daños e importancia económica	13
2.3.3.4 Distribución	13
2.3.3.5 Enemigos naturales.....	14
2.4 ESTIMACIÓN DEL DAÑO POR INSECTOS QUE SE ALIMENTAN	
DE BROTES	15
2.5 COMPONENTES INVOLUCRADOS EN LA GENERACIÓN DEL	
RENDIMIENTO	16
2.6 EFECTO DE LAS DEFICIENCIAS HÍDRICAS SOBRE EL	
RENDIMIENTO DE SOJA	17
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	22
3.1 TRATAMIENTOS	22
3.2 DETERMINACIONES	23

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	24
3.3.1 <u>Análisis estadístico y procesamiento de datos</u>	24
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO	26
4.1.1 <u>Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento (g/pl)</u>	26
4.1.2 <u>Efecto de los tratamientos sobre el número de granos por planta</u> ..	32
4.1.3 <u>Efecto de los tratamientos sobre el número de nudos y ramas por planta</u>	35
4.1.4 <u>Efecto de los tratamientos sobre el número de vainas de una, dos, tres, y más de tres semillas</u>	41
4.1.5 <u>Efecto de los tratamientos sobre el número de granos por vaina</u> ..	43
4.2 EFECTO DE LAS INTERACCIONES DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO	45
4.2.1 <u>Efecto de la interacción entre intensidad de daño y competencia</u> ..	46
4.2.2 <u>Efecto de la interacción régimen hídrico e intensidad de daño</u>	48
4.2.3 <u>Efecto de la interacción régimen hídrico competencia</u>	50
4.2.4 <u>Efecto de la interacción régimen hídrico, intensidad de daño y competencia</u>	52
5. <u>CONCLUSIONES</u>	53
5.1 RÉGIMEN HÍDRICO	53
5.2 INTENSIDAD DE DAÑO	53
5.3 COMPETENCIA	53
5.4 INTERACCIONES	54
6. <u>RESUMEN</u>	55
7. <u>SUMMARY</u>	57
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	58
9. <u>ANEXOS</u>	70

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto del régimen hídrico sobre el rendimiento (g/pl)	28
2. Efecto de la intensidad de daño (%) sobre el rendimiento por planta (g/pl)	30
3. Efecto de la competencia sobre el rendimiento por planta (g/pl)	31
4. Número de granos por planta según intensidad de daño	32
5. Número de granos por planta según régimen hídrico	33
6. Número promedio de nudos en tallo principal, ramas primarias, secundarias, y totales por planta, en plantas de soja sometidas a diferentes regímenes hídricos	35
7. Número promedio de nudos en tallo principal, ramas primarias, ramas secundarias y totales por planta, en plantas sometidas a diferentes intensidades de daño (%)	36
8. Número promedio de nudos en tallo principal, ramas primarias, ramas secundarias y totales por planta, en plantas sometidas al efecto de la competencia	37
9. Número promedio de ramas primarias, secundarias y totales por planta sometidas al efecto del régimen hídrico	38
10. Número promedio de ramas primarias, secundarias y totales por planta sometidas al efecto intensidad de daño (%)	38
11. Efecto de diferentes intensidades de daño sobre la altura de plantas (cm)	39
12. Número promedio de ramas primarias, secundarias y totales por planta, en plantas sometidas al efecto de la competencia	39
13. Efecto de la competencia sobre la altura de planta	40
14. Efecto del régimen hídrico sobre el número de vainas con distinto número de semillas por planta	41
15. Efecto de la intensidad de daño sobre el número de vainas con distinto número de semillas por planta	42
16. Efecto de la competencia sobre el número de vainas con distinto número de semillas por planta	42
17. Efecto del régimen hídrico sobre el número promedio de granos por vaina	43
18. Efecto de la intensidad de daño sobre el número promedio de granos por vaina	44
19. Efecto de la competencia sobre el número promedio de granos por vaina	45
20. Efecto de la interacción régimen hídrico e intensidad de daño para: número de nudos en el tallo principal, número de vainas de una y	

de más de tres semillas por planta y número de granos por vaina .	48
21. Efecto de la interacción régimen hídrico competencia para las variables: número de nudos en el tallo principal, número de ramas secundarias por planta, número de vainas de una y de tres semillas por planta y número de granos por vaina	50

Figura No.

1. Árbol de regresión recursiva de los componentes del rendimiento	26
2. Correlación entre rendimiento (g/pl) y el número de granos por planta a cosecha	27
3. Correlación entre rendimiento (g/pl) y peso de grano a cosecha (g)	28
4. Evolución del porcentaje de agua disponible (% AD) en tres tratamientos hídricos (AL: agua limitante, 50AL: 50% de agua limitante, ANL: agua no limitante) para el período V6-R1 (7/1 al 27/1)	29
5. Rendimiento relativo (%) logrado para cada régimen hídrico	30
6. Árbol de clasificación recursiva de los efectos que explican el número de granos promedio por planta	32
7. Árbol de regresión recursiva de los efectos de los componentes de rendimiento sobre el número de granos promedio por planta	34
8. Correlación entre número promedio de vainas por planta y número promedio de granos por vaina para los diferentes regímenes hídricos	44
9. Número de nudos en tallo principal bajo el efecto de la interacción entre intensidad de daño y competencia	46

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente la agricultura en el Uruguay se ha concentrado en el litoral oeste. Desde la zafra 2003-2004, debido a la suba de su precio, la soja se expandió hacia nuevas zonas de bajo-medio potencial agrícola, donde antes no se practicaba agricultura, ya que se obtenían bajos márgenes de ganancia por bajos rendimientos. El alza del precio causó que aún bajos rendimientos otorgasen márgenes aceptables y competitivos con cualquier otro rubro. Este crecimiento se dio hasta la zafra 2012-2013 donde su precio descendió. En la actualidad la superficie de siembra de dicho cultivo ha disminuido, y la actividad se mantiene donde los márgenes de ganancia son aceptables.

Esta expansión en el área de siembra, agregado a que, en esos ocho o nueve años el país tuvo como monocultivo de verano a la soja, llevó a la aparición de nuevos insectos plaga, entre ellos, a los del género *Helicoverpa*: *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar (Lepidoptera: Noctuidae) y *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) que, junto con *Crociosema aporema* Walsingham (Lepidoptera: Tortricidae), durante el período vegetativo se alimentan de brotes y ocasionan daños y pérdidas económicas que no han sido debidamente cuantificados.

En el contexto económico, ecológico y social presentes parece imprescindible investigar y profundizar en asuntos que han cobrado relevancia en los últimos años para llevar a cabo un manejo racional de los recursos, maximizar los rendimientos y reducir los costos al mínimo.

La soja es uno de los cultivos con mayor capacidad de recuperación al daño provocado por insectos, sin embargo, esa capacidad de recuperación se ve disminuida cuando la planta está sometida a otros factores de estrés como el déficit hídrico o la competencia.

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto sobre el rendimiento y sus componentes, de distintos porcentajes de eliminación de brotes en plantas de soja (simulando el daño de insectos), sometidas a regímenes hídricos diferenciales, desde V6 a R1, en situaciones con y sin competencia para brindar información que podrá utilizarse como base para la toma de decisiones sobre el manejo de insectos que se alimenten de brotes del cultivo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL CULTIVO DE SOJA

La soja *Glycine max* (L), una especie perteneciente a la familia de las leguminosas (Fabaceae), es considerada uno de los cultivos más antiguos del mundo ya que fue domesticada en China entre los siglos VII y XI a. C. Es una herbácea anual de ciclo estival, hermafrodita y autógena (casi en el 100 % de los casos), y su ciclo tiene un rango que varía entre 70 y 200 días (Blum et al., 2008).

El grano se usa fundamentalmente para la obtención de aceite refinado para consumo humano (productos de panadería, cobertura de caramelos, productos farmacéuticos, chocolates, productos cosméticos, etc.), como proteína vegetal para el consumo animal, uso directo del grano como semilla, y derivados, como la leche de soja, salsa de soja, tofu, etc. (Gutman y Lavarello, 2003).

En los últimos años la región sudamericana (Argentina, Brasil, Uruguay, Paraguay y Bolivia) ha pasado a ser el principal productor de grano de soja a nivel mundial. La evolución de la canasta de los tres productos de la soja (grano, aceite y harina) ha sido alcista en este siglo estimulando fuertemente los mercados exportadores. Esto se explica principalmente por dos motivos bien claros; por un lado el incremento de la producción intensiva de carne (vacuna, aviar y porcina), tanto en Europa como en China e India, que utilizan gran cantidad de proteína vegetal (como la del grano de soja), y además se ha visto estimulado en la última década a consecuencia de la crisis de la vaca loca que ha obligado a cambiar la proteína animal por vegetal, y por otro lado el incremento sustancial de la demanda de soja para producir biodiesel (Blum et al., 2008).

El crecimiento porcentual en hectáreas sembradas de este cultivo para América Latina entre 1990 y 2004 fue de 117% (en 1990 se sembraron 18 millones de hectáreas, Segrelles Serrano, 2007).

El país que está a la cabeza de producción mundial de soja es Estados Unidos con 106 millones de toneladas métricas en el ejercicio 2014/2015 (del cual se exporta solo el 45%, el resto es para consumo interno), Brasil escolta a Estados Unidos con 97,20 millones de toneladas métricas para el ejercicio 2014/2015. Luego siguen Argentina (61,4 millones de toneladas métricas), China con 12,15 millones de toneladas métricas, Paraguay con 8,15 millones de toneladas métricas y otros (USDA, 2016).

La producción del oleaginoso en Brasil, Paraguay, Argentina, Bolivia y Uruguay tanto en grano como industrializada para producir aceite, tiene una fuerte orientación exportadora, y presenta como destino principal proporcionar proteína vegetal para alimentar el ganado vacuno, los cerdos y las aves de Europa y China (Blum et al., 2008).

En Uruguay la soja aparece como cultivo de cierta relevancia hacia fines de los setenta cuando se produjo un acuerdo comercial con Taiwán, que permitió el acceso a mayores precios, esto hizo posible que el área sembrada aumentara alcanzando una superficie máxima de casi 51 mil hectáreas. En la década de los 90, y en el marco de la crisis de la agricultura uruguaya, el área sembrada de este cultivo no supero las 10.000 hectáreas (Blum et al., 2008).

En la actualidad, la zona litoral concentra más del 65% del área de cultivos de verano, que junto a los departamentos de Flores, Durazno, San José y Florida llegan al 88% del área (MGAP. DIEA, 2011).

Según Arbeletche y Gutiérrez (2011), a partir del año 2000 se produjo una gran expansión de la superficie de siembra de soja lo que ha determinado grandes cambios en el sector agrícola uruguayo. Entre los años 2003 y 2013 la superficie sembrada con este cultivo se ha incrementado exponencialmente pasando de menos de 10 mil hectáreas a 1.000.000 de hectáreas (MGAP. DIEA, 2013). Este crecimiento ha sido consecuencia de buenos precios internacionales, de una coyuntura favorable en comparación con Argentina, que favorece un proceso inversor desde ese país, y de la existencia de los conocimientos técnicos necesarios para su desarrollo (Blum et al., 2008). Durante este proceso de expansión en la zafra 2009/2010 se registró una superficie de siembra de 848 mil hectáreas, alcanzando un nuevo máximo histórico y aportando el 82% del área de cultivos de verano (Arbeletche y Carballo, 2008). Sin embargo, se observa un estancamiento en el rendimiento, el que no se ha modificado significativamente durante los últimos 10 años manteniéndose en el entorno de $1,9 \text{ t.ha}^{-1}$, con un máximo de $2,39 \text{ t.ha}^{-1}$ en la zafra 2011-12 y un mínimo de $1,5 \text{ t.ha}^{-1}$ en 2003-04 (MGAP. DIEA, 2013).

La fase agraria se caracteriza por la alta concentración de la tierra: al 2007 el 1% de los cultivadores (11 empresas) controlaba el 37% de la superficie, se estima que éstos son fundamentalmente argentinos que controlan más de 200 mil hectáreas (MGAP. DIEA, 2007).

En lo que refiere al paquete tecnológico implementado incluye la soja transgénica RR2 en prácticamente el 100% del área sembrada, la siembra directa, la aplicación de glifosato como una constante como estrategia para el control de malezas, y un manejo de nutrientes enfocado en el fósforo (P) debido a su baja disponibilidad en los suelos uruguayos y los altos requerimientos relativos de la soja (Blum et al., 2008).

Sin dudas la soja ha generado un fuerte dinamismo económico si se observa la evolución de las exportaciones: de 2001 a 2007 se pasó de U\$S 1,6 millones a U\$S 209 millones (Blum et al., 2008).

2.2 IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS EN SOJA

En Uruguay el cultivo de soja es atacado por varios insectos que pueden disminuir su rendimiento. Durante el inicio del cultivo pueden registrarse ataques por grillos, lagartas cortadoras, lagarta elasmó, hormigas cortadoras, tucuras, bicho bolita y babosas (Ribeiro et al., 2008). *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) ataca especialmente cuando no se registran lluvias durante el barbecho, y además, se producen altas temperaturas durante este período (Zerbino, 2008).

Durante el período vegetativo-reproductivo, los insectos que se presentan más frecuentemente son las larvas de lepidópteros defoliadores y las chinches (Ribeiro et al., 2008). Dentro de los defoliadores, se destaca el ataque de dos larvas de Lepidoptera, *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) y *Rachiplusia nu* (Guennée) (Lepidoptera: Noctuidae) que en algunas ocasiones pueden atacar, además, vainas en crecimiento. Los dos últimos estadios (5to. y 6to.) de estos lepidópteros son los más voraces y perjudiciales, *A. gemmatalis* es capaz de consumir 100 cm² de hoja mientras que *R. nu* puede alcanzar un consumo de hasta 200 cm² en el mismo período (López y Ares, citados por Ribeiro, 2000), en consecuencia, cuando la que predomina es *R. nu* el cultivo es capaz de soportar menor número de individuos que cuando predomina *A. gemmatalis* (Ribeiro, 2000).

Dentro de aquellos insectos que atacan el grano de soja se encuentran las chinches *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) y *Nezara viridula* (Linnaeus) (Heteroptera: Pentatomidae), son hemípteros de la familia Pentatomidae, de origen neotropical que se distribuyen desde América del Sur y Central hasta el sur de América del Norte (Panizzi y

Slansky Jr., 1985). Por sus hábitos alimenticios al succionar las vainas en formación, producen aborto de granos, reducción del peso y tamaño de los granos, bajo porcentaje de aceite y un aumento en el porcentaje de ácidos grasos libres. Por lo tanto, hay una disminución en la cantidad y calidad del grano (Rosas y Young, 1993).

En las últimas zafras se ha incrementado la ocurrencia de plagas como trips, asociados a condiciones de sequía. Se presentan en estadios muy tempranos del cultivo incluso desde la emergencia, y la sintomatología es la detención del crecimiento. Otra de las plagas que ha surgido es la arañuela roja *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) asociada a condiciones de sequía y altas temperaturas. La sintomatología asociada a esta plaga es el amarilleamiento de las hojas basales pero si el ataque se prolonga las mismas toman un color bronceado y mueren (Aragón y Flores, 2011).

2.3 PRINCIPALES INSECTOS QUE ATACAN BROTES DE SOJA

2.3.1 *Crociosema aporema* (Walsingham) (Lepidoptera: Tortricidae)

2.3.1.1 Descripción de los distintos estados de desarrollo y biología

Los adultos, tanto machos como hembras, miden entre 14 y 17 mm de expansión alar y su longitud en reposo es de entre 7 a 10 mm. La presencia de escamas de color negro, castaño rojizo y en menor frecuencia gris claro en las alas anteriores del macho hace que sean visibles tonalidades de los colores anteriormente mencionados a lo largo del margen costal y casi hasta el centro. Sobre este margen se alternan banditas claras y oscuras. También es característica de estos insectos una pequeña mancha a modo de ocelo con el centro negro hacia el ápex. En la inserción del ala, sobre el margen costal, se encuentran escamas de color blanquecino; luego el resto del ala es de color gris claro, alternando con zonas de tonalidades más oscuras. La hembra se diferencia del macho por no poseer escamas blanquecinas en la inserción del ala y presentar, en cambio, en esta zona una coloración castaño rojizo que se extiende hasta poco antes de la mitad del ala. A simple vista los sexos se diferencian por poseer la hembra el dorso oscuro y los flancos blancos, característica que se invierte en el macho. Alas posteriores gris claro con reflejos dorados. Cabeza y tórax, vistos dorsalmente de un gris oscuro (Morey, 1972).

Los huevos se caracterizan por ser pequeños, de contorno ovalado y ligeramente convexo; con longitudes de 0,6 mm y 0,3 mm de ancho. De coloración amarillo pálido, con corion transparente y suavemente punteado. Son depositados en forma aislada, y en razón de su pequeño tamaño su visualización a simple vista es dificultosa (Bentancourt y Scatoni, 2006).

Las larvas una vez emergidas miden 1,2 mm, son de color verde claro, con la cabeza y el escudo protorácico negros; en el último estadio el cuerpo se vuelve amarillento con la cabeza y el escudo protorácico castaño claro; en este estadio miden entre 10 y 12 mm. Poco antes de pupar adquieren coloración rosada, variable en intensidad. Los anchos de las cápsulas cefálicas son para larva 1, larva 2, larva 3, larva 4 y larva 5 de 0,20 mm; 0,30 mm; 0,43 mm; 0,65 mm; y 0,82 mm respectivamente. Las pupas miden de 6 a 8 mm de longitud y presentan coloración castaño rojizo (Bentancourt y Scatoni, 2006).

Los adultos frecuentan el suelo y el follaje donde pasan desapercibidos. Al molestarlos efectúan vuelos cortos y a baja altura para volver a posarse rápidamente (Bentancourt y Scatoni, 2006). Son fototrópicos por lo que para realizar el monitoreo de poblaciones se pueden utilizar las trampas de luz ya que las mismas son muy efectivas (Correa, 1980). La longevidad de los adultos es de 10 a 25 días, las hembras copulan entre 24 a 72 horas después de emergidas, depositan entre 130 a 200 huevos durante toda su vida y realizan la puesta preferentemente sobre las hojas, tanto en el haz como en el envés, y sobre todo cerca de la nervadura principal (Morey 1972, Iede y Foerster, citados por Bentancourt y Scatoni 2006).

La temperatura es una de las variables ambientales con mayor incidencia en la duración del ciclo vital de los insectos. Para una temperatura de 21, 24 y 25,5 °C, el ciclo total de *C. aporema* se completa en 40, 35 y 28,3 días, respectivamente (Morey 1972, Iede y Foerster, citados por Bentancourt y Scatoni 2006). A 21 y 24°C la etapa de huevo tiene una duración de 5 días, la de larva de 14-20 días y la de pupa de 14-15 días (Morey, 1972). Las larvas crecen a través de cinco estadios; en los últimos dos son muy voraces y ocasionan los mayores daños. Luego de emergidas buscan refugio en los brotes, tanto foliares como florales, aunque con frecuencia ya muestran hábitos endófitos, dado que penetran en las hojas a nivel del pecíolo o nervadura principal. Una vez madura, la larva abandona el lugar de la planta donde se encontraba para pupar en el suelo ligeramente enterrada. Presenta de 5 a 6 generaciones por año, permaneciendo activa en el invierno dada la presencia de leguminosas en ese período (Bentancourt y Scatoni, 2006).

2.3.1.2 Plantas alimenticias

Ataca de preferencia a representantes de la familia de las fabáceas o leguminosas. Más específicamente a la subfamilia Faboideae, de las cuales el género *Glycine* forma parte, y dentro de este último se encuentra la soja (*Glycine max*, Bentancourt y Scatoni, 2006).

Bentancourt y Scatoni (2006) han encontrado daños causados por este insecto en alfalfa (*Medicago sativa*), arveja (*Pisum sativum*), habas (*Vicia faba*), lotus (*Lotus corniculatus*), porotos (*Phaseolus vulgaris*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), *Lotononis bainesii* y también en lino (*Linum usitatissimum*).

2.3.1.3 Distribución, importancia económica, y daños

Este insecto es propio del continente americano, su área de distribución abarca la mayor parte del centro y sudamérica, extendiéndose hasta Uruguay. También ha sido citado en Costa Rica, México, Cuba, Guatemala, Colombia, Perú, Chile, Paraguay, Argentina y Brasil (Clarke 1954, Bentancourt y Scatoni 2006).

Desde la década de 1970 *C. aporema* tuvo importancia como insecto plaga del cultivo de soja, debido al importante desarrollo del mismo (Zerbino y Alzugaray 1991a, 1991b, Bentancourt y Scatoni 2006). A su vez, la alternancia del cultivo de soja en el verano, con las pasturas que incluyen leguminosas en el invierno le permiten completar su ciclo lo que favorece el desarrollo de poblaciones numerosas de dicha plaga (Zerbino y Alzugaray, 1991a, 1991b).

Se alimentan y ocasionan daños a diversas partes de la planta, fundamentalmente brotes, hojas, flores, tallos y vainas de leguminosas aunque tienen preferencia por brotes tanto terminales como laterales; afectando a las hojas más cercanas a los mismos e inclusive destruyéndolas. En soja, el ataque a los brotes terminales durante el período vegetativo reduce la altura de la planta y produce una mayor ramificación de la misma modificando su aspecto normal. Con frecuencia las larvas practican galerías longitudinales en los tallos más o menos extensas y los daños pueden extenderse a los frutos de leguminosas, registrándose vainas perforadas y semillas parcial o totalmente comidas y las heridas provocadas pueden ser

vía de entrada a patógenos que terminan pudriendo la chaucha (Bentancourt y Scatoni, 2006).

2.3.1.4 Enemigos naturales

Investigaciones realizadas desde 1990 en Uruguay y otros países demostraron que existen diversos depredadores generalistas que podrían ejercer un efecto depresivo sobre las poblaciones de *C. aporema*, entre los que se destacan *Geocoris sp.* (Hemiptera: Lygaeidae), *Orius sp.* (Hemiptera: Anthocoridae), *Nabis ssp. Nabis punctipennis* Blanchard (Hemiptera: Nabidae), *Polybia scutellaris* (White) (Hymenoptera: Vespidae), *Chrysopa sp.* (Neuroptera: Chrysopidae), *Lebia concinna* (Brullé) (Coleoptera: Carabidae), *Eriopis conexa* Germar (Coleoptera: Coccinellidae) y *Misumenops pallida* (Keyserling) (Araneae: Thomisidae) (Bentancourt y Scatoni 2001, 2006, Sánchez y Pereyra 2008).

En Brasil, Foerster y Calderón (1977) encontraron porcentajes de parasitismo de hasta 50 % provocados por el braconídeo *Agathis sp.* En Argentina, Liljeström y Rojas (2005) informan la ocurrencia de tres especies de parasitoides larvales, los endoparasitoides *Trathala sp.* (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Bassus sp.*, y el ectoparasitoide *Bracon sp.*, en cultivos de leguminosas forrajeras en el noreste de la provincia de Buenos Aires, con valores de parasitismo total de 25,2 %.

En Uruguay, sin embargo, la mayoría de los años el control natural de esta especie es insuficiente (Zerbino y Alzugaray 1991a, Bentancourt y Scatoni 2006). Entre los parasitoides Bentancourt y Scatoni (2001) señalan a *Itopectis niobe* (Schrottky) (Hymenoptera: Ichneumonidae), cuyo adulto emerge las pupas de su huésped. Dentro de los entomopatógenos destacan a *Zoophthora radicans* (Brefeld Batko) (Zygomycotina: Entomophthorales) que aparece en epizootias naturales fundamentalmente en otoño y principios del invierno cuando hay humedades relativas y temperaturas superiores a las normales para dicha época del año; también se han encontrado larvas muertas por el virus de la granulosis (Baculoviridae) (Alzugaray et al. 1992, Ribeiro et al. 1996, Alzugaray y Ribeiro 2000, Bentancourt y Scatoni 2006).

Ribeiro et al. (2015) en una investigación llevada a cabo en el norte del país (Paysandú) en soja y lotus, encontraron al hongo *Z. radicans* y al parasitoide *Trathala sp.* En ambos cultivos, el entomopatógeno se presentó con bajos niveles de incidencia, probablemente porque las condiciones del verano en el norte no fueron las adecuadas para el desarrollo de epizootias, el parasitoide solo se

registró en los cultivos de soja, en los que no se realizaron aplicaciones de insecticidas, y alcanzó un porcentaje de parasitismo de 5,5% cuando se produjo el pico máximo de población de larvas de *C. aporema* (0,81 larvas/planta).

2.3.2 *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar) (Lepidoptera: Noctuidae)

2.3.2.1 Descripción de los distintos estados de desarrollo y biología

El adulto presenta una expansión alar de 28-35 mm, las alas anteriores son castaño amarillentas, con una tenue franja que la cruza en el tercio distal y una mancha pardo oscura hacia el centro, próximo al margen costal. Las alas posteriores son de color castaño claro y en posición de reposo dispone las alas en forma de techo a dos aguas (Bentancourt y Scatoni, 2006).

Los adultos de la primera generación, que ocurre en soja, depositan sus huevos durante la noche sobre plantas tempranas, en forma aislada, en los pequeños brotes terminales (Álvarez y Abatte, 2013b). Son fototrópicos por lo que su monitoreo puede ser realizado con trampas de luz y con esa información se pueden predecir sus ataques con varios días de anticipación (Aragón, 2002).

Los huevos son de color blanco perlado, estriados y de 0,5 mm de diámetro, visibles a simple vista (Margheritis y Rizzo, 1965). La hembra llega a colocar de 300 a 1000 huevos, en forma aislada sobre las hojas (Urretabizkaya et al., 2010).

Al nacer, las larvas son de color oscuro, y en los estadios iniciales se alimentan de los brotes o pequeños folíolos y cuando se hacen más voraces, los abandonan y comienzan a cortar tallos y peciolo produciendo graves daños (Iannone, citado por Álvarez y Abatte, 2013b).

En los dos primeros estadios larvales, suelen plegar el folíolo donde se encuentran, sin terminar de cerrarlo. El color de larvas pequeñas es pardo grisáceo oscuro, y las larvas más desarrolladas tienen una coloración que varía desde castaño verdoso a castaño oscuro, según el tipo de alimento que consuman. En todos los casos, el cuerpo presenta dos franjas anchas blanco-amarillentas en cada costado. Luego del tercer estadio se la puede identificar por presentar segmentos abdominales bien marcados, donde se encuentran pequeñas verrugas con pelos cortos y visibles dándole un aspecto general rugoso (Iannone y Parisi, Iannone, citados por Álvarez y

Abatte 2013b). El último segmento abdominal termina en ángulo. Suele tener el hábito de arrojarse al suelo cuando se la molesta y arrollarse sobre si misma (INTA, citado por Álvarez y Abatte, 2013b). En el último estadio alcanzan una longitud máxima de 30-35 mm (Aragón, 2002).

La etapa de pupa se cumple en el suelo, enterrada a escasos centímetros de la superficie, y es en ese estado en el que pasa todo el invierno (Álvarez, 2013a).

En climas templados presenta tres generaciones, la primera se da en cultivos tempranos como arveja, alfalfa, garbanzo, vicia y soja temprana, y las siguientes generaciones en soja en época de siembra normal (Navarro et al., 2009).

El control químico de esta especie es dificultoso debido a que tiende a ubicarse en la planta en zonas menos accesibles a los insecticidas (Álvarez y Abatte, 2013b). Además, Andow (2008) indica que existen numerosos antecedentes de resistencia a insecticidas dentro del género *Helicoverpa*.

2.3.2.2 Distribución, importancia económica y daños

H. gelotopoeon es una especie endémica en América del Sur (Argentina, Chile, sur de Brasil, Paraguay y Uruguay). Al tratarse de un lepidóptero polífago, sus larvas se alimentan sobre hojas, flores, vainas y semillas de varios cultivos y hospederas alternativas. Entre los primeros se encuentra: algodón, alfalfa, arveja, cebolla, girasol, lino, maíz, soja, garbanzo, tabaco, tomate, entre otros (King et al. 1981, Bentancourt y Scatoni 2006, Fichetti et al. 2009). Bentancourt y Scatoni (2006) han constatado ataques intensos en trébol rojo a fines de primavera y durante el verano. En soja el daño depende de factores como condiciones climáticas, cultivar, estadio de la larva y nivel de infestación (Álvarez y Abatte, 2013b).

Provocan daños diversos, dependiendo del estado fenológico del cultivo que esté siendo atacado, pudiendo afectar brotes, hojas o flores, aunque tiende a preferir los granos ya que contienen elevadas cantidades de proteína (Parisi y Iannone, citados por Álvarez y Abatte, 2013b). El ataque a los brotes terminales durante el periodo vegetativo provoca una reducción en altura y una mayor ramificación de la planta, viéndose modificado su porte normal y tomando aspecto de candelabro (Álvarez y Abatte, 2013b). Durante R3 y R4, cuando las vainas son chicas y tiernas, la lagarta bolillera puede alimentarse de la totalidad de las mismas. Los mayores daños son ocasionados a partir de R5 cuando actúa como consumidora de grano,

impactando directamente sobre los componentes del rendimiento (Igarzábal, 2012).

2.3.2.3 Enemigos naturales

Bentancourt y Scatoni (2001) mencionan en Uruguay a la mosca parasitoide *Archytas incerta* (Macquart) (Díptera Tachinidae) como también a *Campoletis grioti* (Blanchard) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Ophion flavidus* (Brullé) (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Dentro de los predadores que atacan a *H. gelotopoeon* estos mismos autores citan a *Calosoma retusum* (Fabricius) (Coleoptera: Carabidae) y *Doru* sp. (Dermaptera: Forficulidae).

2.3.3 *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

2.3.3.1 Descripción de los distintos estados de desarrollo

En el estado adulto esta especie puede medir longitudinalmente entre 14 y 18 mm y tiene una expansión alar de 3,5 a 4 cm, en el margen de las alas anteriores presenta de 7 a 8 manchas pequeñas color negro y una banda transversal ancha de forma irregular color café. Las alas posteriores presentan una banda oscura transversal distal con mancha clara en el centro de la banda. En las alas anteriores presenta manchas muy pequeñas en el margen, además de un punto redondo oscuro situado en el centro (Sullivan y Jones, 2010). Existe dimorfismo sexual, los machos son de color gris verdoso, mientras que las hembras son de una tonalidad naranja-café (Alí et al., 2009).

Los huevos recién ovipositados son de color blanco-amarillento brillante y cambian a una tonalidad café oscuro antes de eclosionar. La hembra deposita los huevos en las plantas que están floreciendo o a punto de producir flores (Ávila et al. 2013, CABI. EPPO 2014).

El color de la larva es muy variable, puede presentar tonos de verde, amarillo paja, rosado, rojizo-café e inclusive negro. A partir del segundo estadio aparecen bandas longitudinales, destacando una banda blanca bajo los espiráculos oscuros y tres rayas oscuras que se extienden a lo largo de la parte dorsal (SENASICA, 2014). La cabeza y el escudo protorácico de color café llega a medir entre 35-40 mm en el último estadio larval (Alí et al.

2009, CABI. EPPO 2014). Al ser perturbada presenta un comportamiento muy particular, curvando la capsula cefálica hasta el primer par de falsas patas, permaneciendo así por cierto tiempo (Ávila et al. 2013, Czepak et al. 2013).

La pupa en etapas iniciales de su formación presenta colores verde-amarillos y después cambia a café oscuro o café rojizo; además presenta dos espinas paralelas en el extremo posterior. Mide de 14 a 22 mm de largo y 4,5 a 6,5 mm de ancho (SENASICA, 2014) y se encuentra enterrada en el suelo a una profundidad de 4-10 cm (Alí et al., 2009).

2.3.3.2 Biología y plantas hospedantes

Es una especie con un alto potencial reproductivo ya que una hembra puede colocar entre 1000 y 1500 huevos totales (aproximadamente 150 huevos/día). Los huevos son colocados aislados o en pequeños grupos en tallos, flores, frutos y/o hojas preferentemente en el haz y generalmente la ovoposición es realizada en la noche (Dimcheva Ivanova, 2014). Tienen preferencia por oviponer en zonas poco visibles y pubescentes como el lado adaxial de las hojas (SENASICA, 2014).

Presenta de cinco a siete estadios larvales, las larvas se pueden observar en la superficie de las plantas, pero generalmente se ocultan dentro de los órganos de la misma (Ávila et al. 2013, SENASICA 2014). Los primeros estadios se caracterizan por alimentarse de las partes más tiernas de las plantas, donde pueden producir tela y hasta formar un pequeño capullo, ese sería el momento adecuado para el control químico de la plaga, ya que es cuando las larvas se encuentran más expuestas y son más susceptibles al contacto con productos químicos (Ávila et al., 2013). En los órganos infestados se observa la presencia de orificios y excremento, pero en ocasiones es necesario cortarlos para detectar la plaga (CABI. EPPO, 2014). La duración total del ciclo es de cuatro a seis semanas, dependiendo de las condiciones ambientales (Szwarc, 2014).

Jallow y Matsumara (2001) determinaron una constante térmica de 51 grados-días por encima de un umbral de 10,5°C necesarios para el desarrollo de huevos. La etapa larval para el mismo umbral (10,5°C) necesitó 215,1 grados-día para completarse, mientras que en el estado de pupa fueron necesarios 151,8 grados-día para un umbral de 13,8 °C, siempre y cuando el fotoperiodo fuera mayor de 12 horas, ya que por debajo, el insecto entra en

diapausa. Esta especie puede presentar de 7 a 10 generaciones por año (SENASICA, 2014).

Presenta como estrategia de supervivencia en invierno diapausa como pupa enterrada en el suelo (Reed, 1965). Esta diapausa facultativa es inducida por fotoperiodos cortos (11-14 horas/día) y bajas temperaturas (15-23 °C). La fase de pupa no diapausica dura 6 días a 35 °C y 30 días a 15 °C (SENASICA, 2014).

Se caracteriza por ser una especie altamente polífaga, sus larvas causan daños tanto en la etapa vegetativa como reproductiva de las plantas (Szwarc, 2014). Sus larvas causan daños sobre 181 especies de plantas ya sean cultivadas o no, que comprende alrededor de 45 familias (Alí et al., 2009).

2.3.3.3 Daños e importancia económica

Esta plaga ocasiona daño como larva, al alimentarse de las hojas, tallos, brotes, inflorescencias, frutos y vainas de sus plantas hospedantes (Czepak et al., 2013). En todo el mundo, los costos anuales de control y las pérdidas de producción alcanzan los 5 mil millones de dólares y los agricultores invierten hasta el 40% de sus ingresos anuales en la compra de productos químicos para su control (Lammers y Macleod, 2007).

La capacidad de causar daños en las estructuras reproductivas de los cultivos, asociado al gran número de hospederos son factores que elevan la importancia económica de la plaga (Szwarc, 2014). Ávila et al. (2013) registraron ataque por esta especie a maíces y sojas transgénicas (Bt) en Bahía, Brasil.

2.3.3.4 Distribución

H. armigera, actualmente se encuentra distribuida en algunas zonas de Sudamérica, África, Asia, Europa y Oceanía (CABI. EPPO, 2014). En América se detectó por primera vez en Brasil; fue capturada en trampas de luz entre diciembre 2012 y enero 2013 e identificada en febrero del 2013 por el Dr. Víctor O. Becker (Czepak et al. 2013, Sosa-Gómez et al. 2015).

Murúa et al. (2014) registraron la presencia de esta especie por primera vez en Argentina, más específicamente en la localidad de Tucumán, en muestreos realizados de agosto a octubre del año 2013 con la utilización de trampas de feromonas.

Son migrantes naturales pueden recorrer desde 250 km a 1000 km y tienen la capacidad de sobrevivir en condiciones adversas (Lammers y Macleod 2007, Czepak et al. 2013).

2.3.3.5 Enemigos naturales

En Barcelona (España), en tomate, en los huevos de *H. armigera* se detectaron dos géneros de parasitoides: *Trichogramma* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae). Los máximos de parasitismo se presentaron durante el mes de agosto o principios de setiembre, un mes después del pico máximo de huevos de *H. armigera*. Por otra parte, se constató que las ninfas y adultos de *Macrolophus caliginosus* Wagner y *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) fueron capaces de alimentarse de huevos de esta especie. Los parasitoides de larvas registrados fueron *Cotesia kazak* (Telenga) (Hymenoptera: Braconidae), *Hyposoter didymator* (Thunber) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Mesochorus confusus* (Holmgren) (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Cotesia ruficrus* (Hal.) (Hymenoptera: Braconidae) (Izquierdo et al., 1994).

En Brasil, en 16 municipios del estado de Paraná, Corrêa-Ferreira et al. (2014) encontraron que la mortalidad de larvas alcanzó el 60,9% con variaciones entre 27,8 y 92,8%. Entre los agentes de mortalidad, los parasitoides fueron los que realizaron la mayor contribución, y representaron un 48,9 % del total, los entomopatógenos un 11,1% y los nemátodos un 0,9%. Las especies de parasitoides no fueron identificados pero los más frecuentes pertenecieron a la familia Tachinidae e Ichneumonidae, los entomopatógenos, por su parte fueron bacterias y hongos y dentro de los últimos los más frecuentes fueron *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson y *Beauveria bassiana* (Balsamo-Crivelli) Vuillemin.

2.4 ESTIMACIÓN DEL DAÑO POR INSECTOS QUE SE ALIMENTAN DE BROTES

La bibliografía internacional, respecto del daño de *H. gelotopoeon* en estados vegetativos del cultivo de soja, plantea que el daño simulado provoca disminuciones de rendimiento mayores que igual nivel de daño ocasionado por la alimentación de la plaga, de manera que los experimentos de este tipo permiten cubrir ampliamente el manejo de esta plaga (Perotti et al., 2012).

Hicks y Pendleton (1969) demostraron que cuando se eliminan todos los brotes florales (0 a 60 por planta al azar en todos los nudos) no se verifica ningún efecto sobre el número de vainas por planta, tamaño de las semillas, o rendimiento por planta. El contenido de proteína de la semilla aumenta y el contenido de aceite disminuye a medida que el número de brotes florales retirados aumenta.

Perotti et al. (2012) encontraron, en dos cultivares (uno de tipo determinado y otro indeterminado), sometidos al ataque de *H. gelotopoeon*, durante V5, que el rendimiento, peso y número de granos no fueron afectados significativamente por la intensidad de corte (33%, 66%, 100%).

Chiaravalle y Zerbino, citados por Zerbino y Alzugaray (1994), realizaron un experimento que tuvo como objetivo determinar cuáles eran los estados fenológicos de la soja más susceptibles al ataque por *C. aporema*. Los tratamientos consistieron en proteger con un insecticida las plantas a partir de distintos estados fenológicos (V5, V8, R2 y R6 de la escala de Fehr et al., 1971). Los resultados indicaron que los menores rendimientos se obtuvieron cuanto más tarde fue realizado el control con insecticida, no encontrándose diferencias significativas entre los estados V5 y V8 lo que sugiere cierta tolerancia al daño.

Álvarez y Abatte (2013b) indicaron que el daño de *H. gelotopoeon* provoca en el cultivo una respuesta donde se pierde la dominancia apical y se activan yemas laterales, favoreciendo así la formación de ramas, tomando la planta el aspecto de “candelabro”. En estas nuevas ramas nunca se hubieran formado tantas vainas como las que se forman cuando está presente el tallo principal y aquellas que se forman en este tallo lo hacen a una altura tan baja que dificultan la cosecha, esto ocasiona pérdidas de rendimiento considerables. Algo similar ocurre para *C. aporema* que provoca un daño similar y la disminución de la altura de inserción de las primeras vainas (Ribeiro et al., 2015). Perotti et al. (2012) registraron diferencias según cultivar en la altura de inserción de la primera vaina; mientras que en cultivares de tipo indeterminado no hubo cambios en dicha variable, si se

registró diferencia de 2,5 cm entre 0 y 100% de intensidad de daño en V5 para los de tipo determinado. De todos modos, en ambos cultivares, la altura de inserción de la primera vaina superó los 15,8 cm para el nivel 100%, altura que no presenta problemas para la cosecha.

Tancredi et al. (2008) en un experimento instalado en macetas con diferentes niveles de competencia (de una a seis plantas por maceta) y tres alturas de remoción de meristema apical (25, 50 y 75 cm de altura de planta, con tratamientos testigo sin remoción de meristemas) demostraron que remover el meristema apical reduce la producción de materia seca y el rendimiento (g/pl) cuando se encuentra una sola planta por maceta y no encontraron efecto cuando la población de plantas fue mayor.

Los últimos umbrales publicados para *H. armigera* en estadios vegetativos en soja muestran que poblaciones de hasta 7 larvas/m² no producen pérdidas de rendimiento, mientras que poblaciones por encima de 7 larvas/m² sí ocasionan importantes disminuciones (Rogers y Brier, 2010a, 2010b).

2.5 COMPONENTES INVOLUCRADOS EN LA GENERACIÓN DEL RENDIMIENTO

Puesto que el rendimiento es un atributo sumamente complejo, debe dividirse en sus componentes para poder comprenderlo mejor y así resulten más fáciles de manejar. Puede dividirse al rendimiento en sus dos unidades principales, el número de granos (NG) y el peso de los mismos (PG) (Kantolic et al., 2003b).

$Y = NG \times PG$ donde Y: rendimiento, NG: no. de granos y PG: peso de granos.

La temperatura y el fotoperíodo, son los principales reguladores del desarrollo de los cultivos, determinan por un lado cuánto durará cada una de las fases fenológicas, y ubican las distintas fases del ciclo en distinto momento a partir de la siembra, el conocimiento de estas respuestas permite diseñar estrategias para que aquellos eventos o períodos claves coincidan con las condiciones ambientales favorables (Andrade et al., 2000b).

El número de granos está compuesto por cuatro variables: número de plantas/m², número de nudos/planta, número de vainas/nudo y número de granos/vaina. La capacidad de ramificar lograda bajo las condiciones ambientales del cultivo, son determinantes del número final de nudos por

planta. Por su parte, el número de vainas por nudo está determinado por fenómenos de generación y mortandad de frutos. Una de las características más importantes de la soja es que genera más primordios florales de los que puede transformar en vainas, esta característica le da mayor plasticidad frente a condiciones adversas. El componente número de granos por vaina está determinado genéticamente y es menos variable frente a condiciones ambientales, el aborto de granos es mucho menor que el de vainas, y generalmente no provoca variaciones significativas en el rendimiento (Kantolic, 2003a).

El componente que está más asociado con variaciones en rendimiento del cultivo es el número de semillas por unidad de área el que a su vez es función de la tasa de crecimiento de cultivo entre plena floración y comienzo de llenado de los granos (Quijano et al., citados por Bodrero, 2003). Variaciones en el número de granos por unidad de superficie explican la mayor parte de las modificaciones de rendimiento en sojas tardías. A su vez, la duración del período entre R1 y R5 explicaría más de la mitad de la variación en el número de granos (Andrade y Calviño, 2004).

El otro componente principal en la definición del rendimiento, el peso de grano está determinado por el largo del periodo de llenado y la tasa de crecimiento, ambos atributos se determinan genéticamente y a partir del ambiente. El peso de granos está definido desde antes de R5 hasta madurez fisiológica. Deficiencias hídricas y nitrogenadas acortan el periodo de llenado y por tanto, se ve disminuido el peso del grano (Kantolic, 2003a).

Valentinuz et al., Borrás et al., citados por Vega y Andrade (2000), estudiaron el peso del grano, y encontraron que ante cambios en la densidad de siembra, este segundo componente del rendimiento presenta escasa variación en soja.

El peso del grano tiene mucha plasticidad y habitualmente la soja forma más granos de los que puede llenar. De no haber formado una cantidad suficiente de granos el peso final de los mismos puede compensar en gran proporción la pérdida de número. Esto ocurre si hay buenas condiciones en el llenado y el cultivo tiene buena cobertura foliar, es decir, el cultivo está capacitado para compensar los efectos de cualquier estrés a principio del período crítico (Massigoge y Ros, 2012).

2.6 EFECTO DE LAS DEFICIENCIAS HÍDRICAS SOBRE EL RENDIMIENTO DE SOJA

Los cultivos pueden sufrir deficiencias hídricas en especial a la hora de mayor demanda atmosférica, cuando la absorción de agua por las raíces es insuficiente para compensar las mermas por transpiración (Dardanelli et al., citados por Canosa y Prieto, 2013). Casi toda el agua transpirada por un cultivo herbáceo pasa a través de la superficie de sus hojas; por tanto, a medida que aumenta el área foliar, aumenta linealmente el consumo de agua del cultivo para una misma demanda atmosférica, hasta alcanzar un cierto valor que produce la cobertura casi total del suelo después del cual, incrementos en el área foliar producen pequeños aumentos en el consumo de agua (Andriani, 2002).

Las características morfológicas y fisiológicas como la posibilidad de ramificar, la extensa etapa de floración y la producción de un número de estructuras reproductivas mayor a las que realmente concreta, son las que le otorgan a la soja la capacidad de compensar daños por estrés hídrico (Andrade et al., 2000b).

El crecimiento y el desarrollo de soja son regulados por el fotoperiodo, temperatura, radiación incidente y disponibilidad de agua que además afectan la partición de asimilados y los procesos de re-movilización y senescencia. El crecimiento es el resultado de la división y la expansión celular, que se ve afectado por la ocurrencia de períodos de estrés hídrico mediante la reducción de la transpiración y la fotosíntesis. La caída de la tasa fotosintética, reduce la eficiencia de conversión de la radiación y la producción de granos. La intensidad, duración y momento de ocurrencia en relación al estado de desarrollo del cultivo son características de la sequía que determinaran los efectos sobre el cultivo (Andrade y Sadras, 2000a).

Para disminuir la intensidad del estrés hídrico durante los períodos críticos, las prácticas de manejo deberán orientarse a obtener un balance de agua más favorable para el cultivo durante esos estadios (Dardanelli et al., citados por Canosa y Prieto, 2013). La intensidad del déficit hídrico debe relacionarse, en soja, con la capacidad potencial de almacenaje de agua del suelo, la capacidad de exploración radicular y con el estado de desarrollo del cultivo (Sawchik y Ceretta, 2005).

García y Ferrarotto (2009) demostraron que el déficit hídrico en el periodo de llenado de vainas produjo un incremento en la longitud del sistema radical de las plantas, sin embargo, las raíces presentaron menor superficie. Por su parte Santos (2009) encontró que el déficit hídrico afecta al crecimiento y rendimiento del cultivo de soja a través de su acción sobre la fotosíntesis (economía del carbono) durante todo el ciclo. En cuanto al orden en que se ve afectado el rendimiento en situaciones deficitarias Otegui (2009)

señala que el primero en afectarse es la superficie fotosintetizante, a través de la reducción en la expansión foliar y la ramificación, limitándose el rendimiento ya que se reduce la captura de la luz por parte del cultivo. Un estrés de mayor intensidad estará influyendo en la eficiencia de conversión de la radiación en biomasa y afectando el índice de cosecha.

El cultivo de soja, en lo que respecta a sus requerimientos hídricos, presenta dos períodos críticos bien definidos, el primero entre la siembra y la emergencia y el segundo durante el llenado de los granos (Farías et al., 2001). Según Andriani (2002) existen tres sub-períodos con respuesta diferenciada a la ocurrencia de estrés hídrico en la escala de Fehr et al. (1971): el período vegetativo, que va desde la emergencia del cultivo a inicio de floración (E-R1). El comprendido entre inicio de floración (R1) e inicio de llenado de granos (R5) y el último que corresponde al llenado de granos (R5-R7).

Scott y Aldrich, citados por Caraballo de Silva (1990), señalan que la semilla de soja requiere el 50% de su peso en agua para germinar. En el sur de Santa Fe se determinó el agua útil a la siembra debería ser en los dos metros de profundidad de no menos de 200 mm, para lograr una buena emergencia y por ende un buen rendimiento final (Salvagiotti et al., 2010).

Andriani (2002) establece que niveles entre 20 y 40% de agua disponible en el suelo durante el periodo vegetativo no son restrictivos para el crecimiento de soja. Andrade y Sadras (2000a), afirman que deficiencias hídricas tempranas tienen un efecto mínimo en el rendimiento del cultivo. Esto coincide con lo expuesto por Ashley y Ethridge, Elmore et al., Spetch et al., citados por García y García et al. (2010), quienes señalan que suprimir el riego en etapas vegetativas genera rendimientos tan altos como si el cultivo fuera regado todo el ciclo.

Cuando el déficit hídrico ocurre durante los estadios de crecimiento, el rendimiento del grano se reduce, debido a la estrecha interacción de la fijación de nitrógeno con el suministro de agua (Santos, 2009).

La sequía incide negativamente sobre la floración y fructificación del cultivo de soja, disminuyendo el número y tamaño de las semillas, reduciendo la producción (Salinas et al., 1996). Las semillas que sufren altas temperaturas y sequía durante maduración tienen un menor porcentaje de germinación en laboratorio y pobre emergencia a campo (Green et al., citados por Salinas et al., 1996).

Andriani (2002) demostró que desde emergencia a floración un déficit hídrico de 20-40% de agua disponible, produce pérdidas en rendimiento que pueden llegar a ser del orden del 10%. El período R1-R5, es más susceptible a deficiencias hídricas que la etapa vegetativa, ya que intensidades medias pueden producir reducciones en el rendimiento en semilla del orden del 10 % y deficiencias severas un 20 % o más. La reducción del rendimiento se debe al aborto de flores y vainas que disminuyen el número final de estas últimas, siendo en parte compensado por el peso de las semillas, si cesa la deficiencia hídrica en la etapa siguiente.

En cuanto a la etapa de floración según Caraballo de Silva (1990), un déficit severo en esta etapa reduce los rendimientos al disminuir el número de vainas por planta, aunque no afecta el número de semillas por vaina.

En Argentina se estima una necesidad para soja de primera y soja de segunda de 500 a 600mm y 500 a 400mm respectivamente, las variaciones de dichas cantidades dependerán de la demanda atmosférica de la zona (Salvagiotti et al., 2010). Sin embargo, la alta producción de flores y el extenso período de floración le permite escapar a cortos períodos de estrés. La incidencia de estrés entre R1-R3 no es generalmente crítico para el rendimiento. Limitaciones posteriores, principalmente durante la etapa R4-R6 tienen un efecto directo sobre el rendimiento, al reducir el número de granos, sin permitir compensaciones a través de un mayor peso de los mismos (Kantolic y Satorre, 2004).

Según Andriani (2002) un estrés durante los estadios R5-R7 produce una disminución en el número de vainas, el número de semillas por vaina y también su peso. Deficiencias hídricas severas (20 a 40% agua útil) durante este periodo pueden llegar a causar pérdidas del orden del 40% o más (Andriani, 2002). Giménez (2014) indica que el periodo más crítico es el comprendido entre R4-R6 que va desde fructificación avanzada a llenado de grano, durante esta etapa la capacidad de compensación del cultivo es reducida debido a que al aborto floral por deficiencias hídricas se le agrega el de las vainas de menor tamaño, que son las estructuras reproductivas que presentan mayor susceptibilidad de abscisión. Deficiencias hídricas en esta etapa determinaron pérdidas de rendimiento de 44-50%, el estrés producido en este momento del ciclo afectó el número de granos por metro cuadrado.

En la última etapa del cultivo, que comprende madurez fisiológica a cosecha, el consumo de agua disminuye, aunque se necesita cierta cantidad de agua para complementar la producción de semilla, escasa disponibilidad puede causar arrugamiento de los granos, mientras que excesiva puede

propiciar enfermedades fúngicas en el grano desmejorando la calidad (Carballo de Silva, 1990).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de Facultad de Agronomía en el departamento de Paysandú (latitud 32 S, 56 W), desde el 27 de noviembre de 2014 hasta el 22 de abril de 2015.

Se sembró el cultivar de soja Nidera A5009 que pertenece al grupo de madurez IV largo y es de hábito indeterminado. La siembra se realizó en tubos de PVC de 38 cm de altura y 19 cm de diámetro que se ubicaron dentro de recipientes de 28 cm de largo, 23 cm de ancho y 16 cm de altura que oficiaron como contenedores de agua de riego. Cada tubo se rellenó, en promedio, con 14 kg de una mezcla de dos partes de tierra y una de arena.

Los tubos, con sus respectivos recipientes contenedores, se dispusieron en 4 bloques orientados de Noroeste a Sureste bajo una estructura cubierta con techo traslúcido de nylon. En cada bloque se dispusieron 18 tubos con plantas. La distancia entre plantas fue de 25 cm dentro del bloque y de 35 cm entre bloques tratando de simular un cultivo comercial.

La siembra se realizó el 27 de noviembre del 2014, previamente las semillas se inocularon (4 g de inoculante comercial más adherente 1,2 g por cada kg de semilla).

3.1 TRATAMIENTOS

El total de tratamientos fue de 18, resultantes de la combinación de: plantas creciendo en condiciones de competencia o sin competencia, tres regímenes hídricos y tres niveles de daño.

Para establecer las condiciones de competencia se sembraron 4 semillas en los tubos a los que les correspondió el tratamiento “con competencia” y 2 semillas en los que les correspondió el tratamiento “sin competencia”, con el objetivo de asegurar la instalación de al menos dos plantas y una planta en las respectivas situaciones de competencia. El 8 de diciembre se realizó un raleo, dejando una o dos plantas por recipiente según el tratamiento correspondiente.

Los tres niveles de daño fueron 0, 50 y 100 % de brotes eliminados y se efectuaron durante V5-V6 (5 de enero). La eliminación de brotes se realizó

con tijeras, el brote apical se cortó en ambos tratamientos de daño y en el caso de 50 % se eliminaron, además, en forma alternada los brotes de las ramas axilares.

Los tres regímenes hídricos, se establecieron al día siguiente de haber realizado los tratamientos de daño y se mantuvieron hasta que el 50% de las plantas alcanzaron el estadio R1 y fueron: agua no limitante (ANL), 50 por ciento de agua limitante (50AL) y agua limitante (AL). Antes de V6 y después de R1, todas las plantas se mantuvieron en régimen de ANL. El régimen hídrico de ANL consistió en reponer diariamente el agua de los recipientes contenedores hasta que la lámina de agua alcanzara 2 cm de altura. Para la situación de 50AL, se agregó la mitad de agua agregada al promedio de las macetas correspondientes a ANL en el mismo bloque, y para la situación de AL se suspendió el riego hasta que se observó marchitez de plantas a las 8 AM, durante dos días consecutivos. En ese momento, se agregó el agua necesaria para llegar a 2 cm en el recipiente contenedor y no se regó hasta que se cumplieron nuevamente dos días con marchitez a las 8 AM. Cada vez que se agregó agua a los contenedores, se midió el volumen agregado.

El 11 de febrero se suspendió el riego durante un día, provocándose un estrés adicional que se cuantificó, al día siguiente, en cada planta, mediante una escala de daño según el aspecto de las plantas (0=0% de daño, 1=20% de daño, 2=40% de daño, 3=60% de daño 4=80% de daño, 5=100% de daño). Se realizaron tres observaciones (una por cada tesista) y los resultados se promediaron utilizándose el mismo como covariable.

Fue necesaria la aplicación de insecticida en dos ocasiones debido a que se constató la presencia de trips. El producto aplicado fue ENGEO (30cc disueltos en 5 litros de agua, con una mochila fumigadora). El control de malezas se realizó manualmente durante todo el desarrollo del experimento.

3.2 DETERMINACIONES

Se realizaron dos instancias de mediciones. La primera instancia se realizó el mismo día de la cosecha, y se midieron las siguientes variables para cada planta:

- altura de planta.
- no. de ramas primarias.
- no. de ramas secundarias.

- no. de ramas totales.
- no. de nudos en el tallo principal.
- no. de nudos en ramas primarias.
- no. de nudos en ramas secundarias.
- no. Total de nudos por planta.
- no. de nudos con vainas en tallo principal.
- no. de nudos con vainas en ramas primarias.
- no. de nudos con vainas en ramas secundarias.

Y en segunda instancia, llevando las vainas al laboratorio se midió, para cada planta:

- no. de vainas con 0 semillas.
- no. de vainas con 1 semilla.
- no. de vainas con 2 semillas.
- no. de vainas con 3 semillas.
- no. de vainas con más de 3 semillas.
- no. de vainas totales.
- peso de granos de vainas de 1 grano.
- peso de granos de vainas de 2 granos.
- peso de granos de vainas de 3 granos.
- peso de granos de vainas de más de 3 granos.
- no. granos total.
- rendimiento en gramos.
- peso de un grano.

También fue realizada una medición el día que se efectuaron los cortes en los brotes donde se cuantifico el no. de nudos (en V6).

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.3.1 Análisis estadístico y procesamiento de datos

El diseño fue de parcelas de bloques al azar (DBCA) con factorial y con efecto de una covariable (estrés hídrico adicional del 11 de febrero).

Hipótesis estadísticas

Ho: las medias de los tratamientos son iguales: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ o los efectos de los tratamientos son iguales: $h_0: 1 = 2 = 3 = 4$.

Ha: existe al menos una diferencia entre las medias de los tratamientos.

Modelo estadístico (DBCA) con arreglo factorial

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + A_j + D_k + (C*A)_{ij} + (C*D)_{ik} + (A*D)_{jk} + (C*A*D)_{ijk} + \beta_l + \alpha_0 X_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} : rendimiento; μ : media general; C_i : efecto de i-ésimo situación de competencia; A_j : efecto del j-ésimo régimen hídrico; D_k : efecto de k-ésimo nivel de desbrotado; $(C*A)_{ij}$: efecto de la ij-sima interacción Competencia*Régimen hídrico; $(C*D)_{ik}$: ik-ésimo efecto de la interacción Competencia*Desbrotado; $(A*D)_{jk}$: jk-ésimo efecto de la interacción Régimen hídrico*Desbrotado; $(C*A*D)_{ijk}$: ijk-ésimo efecto de la interacción Competencia*Régimen hídrico*Desbrotado; α_0 : coeficiente de la covariable daño; X_m : valor de la covariable daño. β_l efecto del l-ésimo bloque; ε_{ijkl} : error experimental.

Supuestos del modelo:

- el modelo es correcto.
- el modelo es aditivo.
- los errores son variables aleatorias independientes.
- ε_{ijkl} tiene distribución $N(0, \sigma^2\varepsilon)$.
- no hay interacción BLOQUE * TRATAMIENTO.

Cuando el efecto de alguno de los factores y de las interacciones de los mismos fue significativo al 10%, la separación de medias fue realizada a través de prueba de Tukey.

Para el análisis estadístico de las interacciones de los tratamientos se realizaron contrastes ortogonales con el fin de probar si se ajustan a respuestas lineales o cuadráticas, dichos contrastes se presentan en los anexos.

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los programas Microsoft® Excel, software estadístico R®, Infostat® y SAS®.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La covariable (estrés hídrico adicional del 11 de febrero) se utilizó para corregir las medias de las variables: rendimiento (g/pl), número de granos/planta, número de nudos en el tallo principal, número ramas primarias y número nudos totales, número ramas secundarias, altura de planta (cm), número de vainas de una y dos semillas por planta y número de vainas totales por planta que fue donde el efecto de la misma fue significativa (anexos 9, 10, 11, 12, 14, 17, 19, 21, 22, 25).

4.1 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

4.1.1 Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento (g/pl)

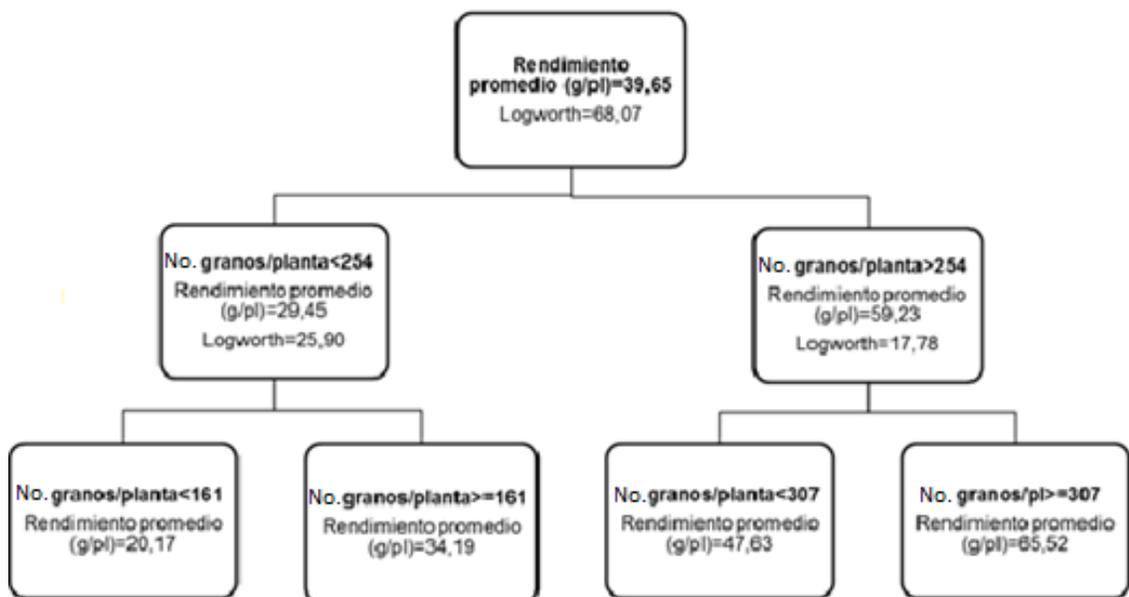


Figura 1. Árbol de regresión recursiva de los componentes del rendimiento.

El componente del rendimiento que tuvo mayor efecto sobre el rendimiento fue el número de granos por planta a cosecha con un R^2 de 0,88, valor similar al hallado por Grasso y Montero (2011). La alta correlación entre número de granos. m^{-2} y el rendimiento obtenido, coincide con lo publicado por Kantolic (2003a), Kantolic y Satorre (2004), Modali (2004), Bonjour et al. (2010). Se diferencian dos grandes grupos de plantas, el grupo que tuvo más

de 254 granos por planta es el que llegó a obtener los máximos rendimientos (figura 1).

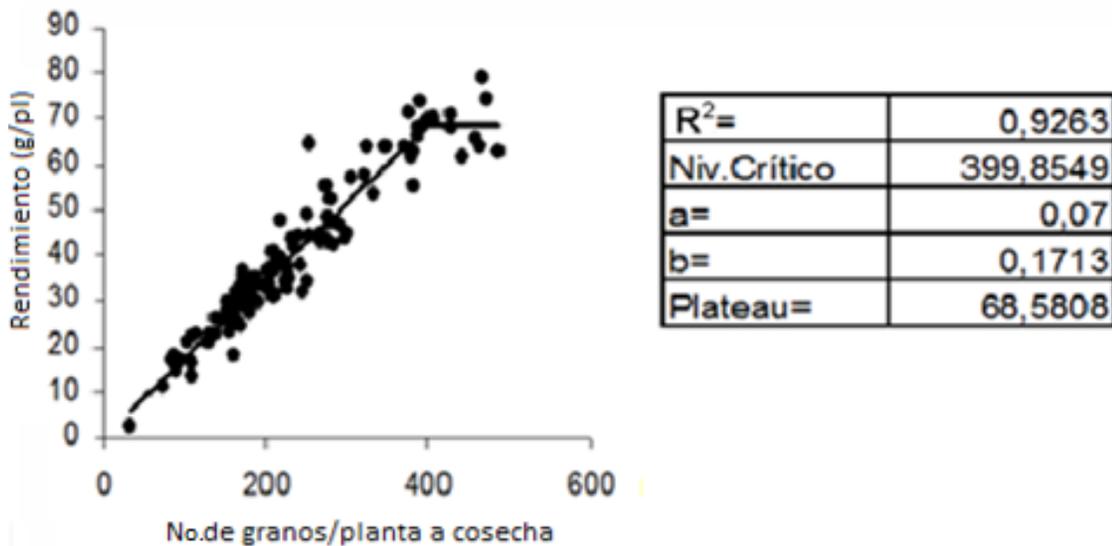


Figura 2. Correlación entre rendimiento (g/pl) y el número de granos por planta a cosecha.

Existió una alta correlación entre rendimiento (g/planta) y número de granos ($R^2=0,92$) (figura 2, anexo 32). El rendimiento aumentó solamente hasta los 399 granos por planta. Esto pudo deberse a que en las condiciones en las que se desarrolló el experimento, las plantas tuvieron una capacidad limitada de llenar granos. Quizá el mayor número de granos fue de menor peso, lo que no se tradujo en un aumento del rendimiento. Lo expresado anteriormente concuerda con Kantolic (2003a) quien establece que en la mayoría de las situaciones el peso de los granos está limitado por la disponibilidad de asimilados.

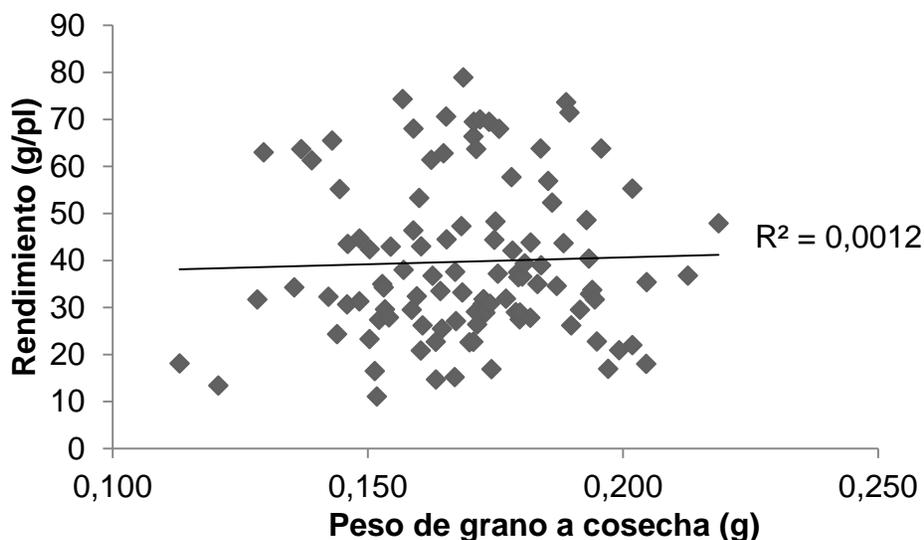


Figura 3. Correlación entre rendimiento (g/pl) y peso de grano a cosecha (g).

El peso de grano no presentó correlación con el rendimiento (g/pl) ($R^2=0,0012$) (figura 3, anexo 31). Toledo (2015) indica que la variación productiva estaría explicada el 77% de las veces por la modificación del número de granos (figura 2), y el 9% por el incremento del peso de granos. Enrico et al. (2014) no encontraron relación significativa entre el rendimiento y el tamaño de las semillas. Kantolic (2003a) concluye que existe una proporción no predecible de cambios asociados con el peso medio de las semillas en función del rendimiento, mientras que, en un rango amplio de condiciones, el número de granos es el componente que mejor explica variaciones en el rendimiento.

Cuadro 1. Efecto del régimen hídrico sobre el rendimiento (g/pl).

Régimen hídrico	Rendimiento (g/pl)	
ANL	46,29	a
50AL	45,88	a
AL	40,41	b
promedio	39,66	
CV%	26,43	
p	0,099	
MDS	5,13	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL: agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Se encontraron diferencias en rendimiento (g/planta) entre las plantas sometidas a diferentes regímenes hídricos (cuadro 1, anexo 9). Sin embargo, Andrade et al. (2002) establecieron que cuando la planta de soja es sometida a un estrés temprano, en general, se tiene un bajo efecto sobre el número de semillas por metro cuadrado y en el rendimiento, debido al extenso período de floración que llega hasta R5, donde la tasa de aborto de flores y vainas es menor una vez que cesan las condiciones estresantes. Ashley y Ethridge, Elmore et al., Spetch et al., citados por García y García et al. (2010) señalan, a diferencia de los resultados de este experimento, que suprimir el riego en etapas vegetativas genera rendimientos tan altos como si el cultivo fuera regado todo el ciclo. Similar también fue lo hallado por Giménez (2014) quien no encontró diferencias en rendimiento entre un déficit hídrico en el periodo vegetativo y parte del reproductivo frente al tratamiento que no tenía déficit en todo el ciclo del cultivo.

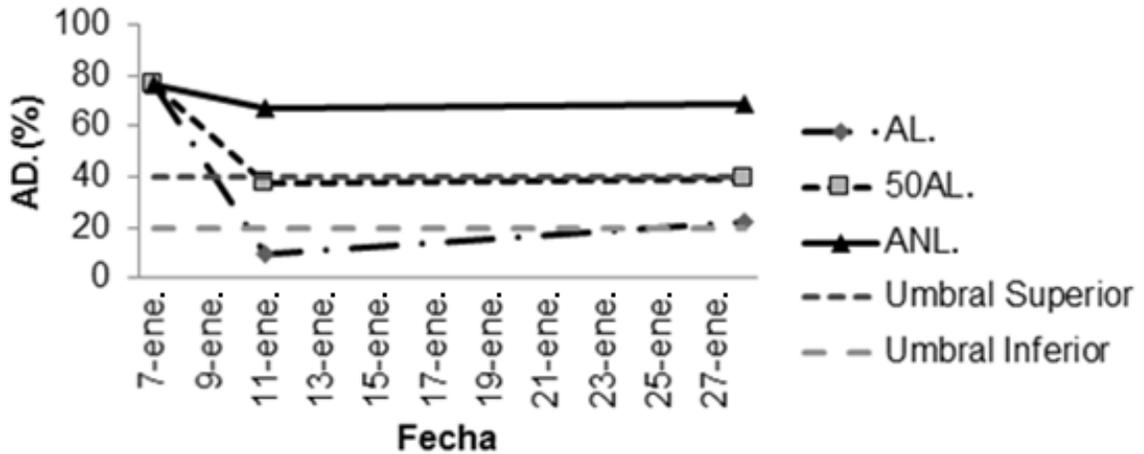
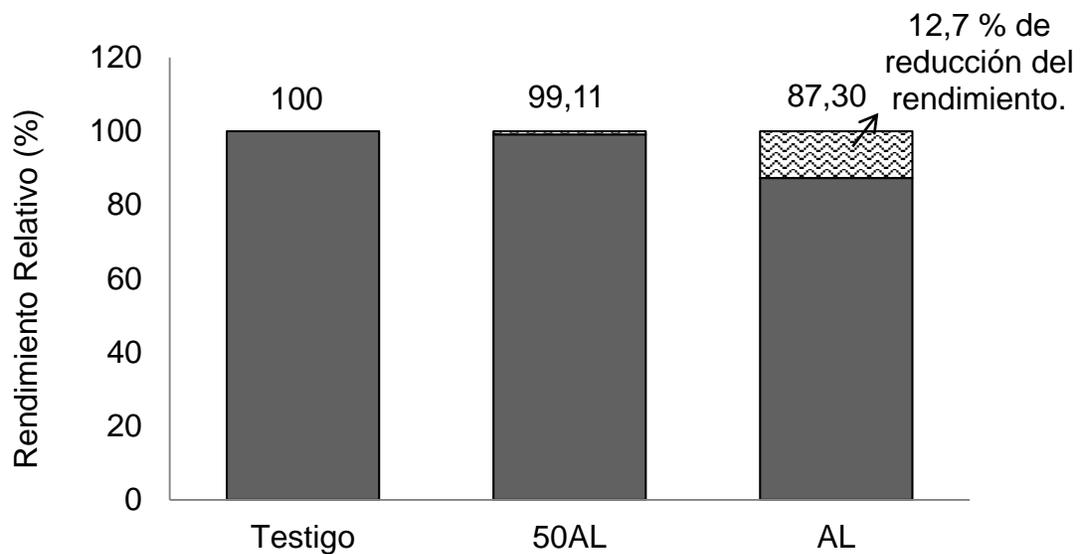


Figura 4. Evolución del porcentaje de agua disponible (% AD) en tres tratamientos hídricos (AL: agua limitante, 50AL: 50% de agua limitante, ANL: agua no limitante) para el período V6-R1 (7/1 al 27/1).

En los tratamientos de 50AL las restricciones hídricas fueron medias, en el entorno al 40% de AD (agua disponible), durante el período V6-R1, y para el caso de AL, fueron más severas, alcanzando valores mínimos cercanos al 10% de AD (figura 4).



ANL (testigo): agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante.

Figura 5. Rendimiento relativo (%) logrado para cada régimen hídrico.

Andriani (2002) establece que en este período deficiencias hídricas de mediana intensidad (40-50% de AD en el suelo) si bien pueden disminuir el área foliar, no producen reducciones en el rendimiento en semilla, mientras que intensidades mayores (contenidos entre 20 y 40 % de AD) podrían producir reducciones en rendimiento en semilla del orden del 10%, lo que concuerda con lo hallado en este experimento, en el cual la pérdida de rendimiento para dichas situaciones fue de 12,7 % (figura 5).

Cuadro 2. Efecto de la intensidad de daño (%) sobre el rendimiento por planta (g/pl).

Intensidad de daño (%)	Rendimiento (g/pl)	
0	46,31	ns
50	44,09	ns
100	42,19	ns
promedio	39,66	
CV%	26,43	
p	0,32	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Las diferentes intensidades de daño no tuvieron efecto sobre el rendimiento (g/pl). Esto concuerda con lo hallado por Chiaravalle y Zerbino, citados por Zerbino y Alzugaray (1994), Perotti et al. (2012), quienes indican que el rendimiento, peso y número de granos no fueron afectados significativamente por la intensidad de daño (cuadro 2, anexo 9).

Cuadro 3. Efecto de la competencia sobre el rendimiento por planta (g/pl).

Competencia	Rendimiento (g/pl)	
SIN	57,81	a
CON	30,58	b
promedio	39,66	
CV%	26,43	
p	<0,0001	
MDS	3,56	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

En las macetas sin competencia (18 plantas/m²) se obtuvo un rendimiento por planta mayor que en las que sí hubo competencia (38 plantas/m²) (cuadro 3, anexo 9). Esto concuerda con lo encontrado por Rodríguez et al. (2014) quienes indican que las plantas sembradas a bajas densidades (10 plantas/m²) producen un mayor número de granos por planta.

En resumen, para la variable rendimiento (g/planta) se obtuvo un mayor rendimiento en las mejores condiciones ambientales (régimen hídrico ANL; 50AL y situaciones sin competencia) frente a las condiciones más restrictivas (AL y con competencia). No hubo efecto de ninguno de los tres niveles de intensidad de daño sobre el rendimiento (anexo 9).

4.1.2 Efecto de los tratamientos sobre el número de granos por planta

$R^2=0,63$

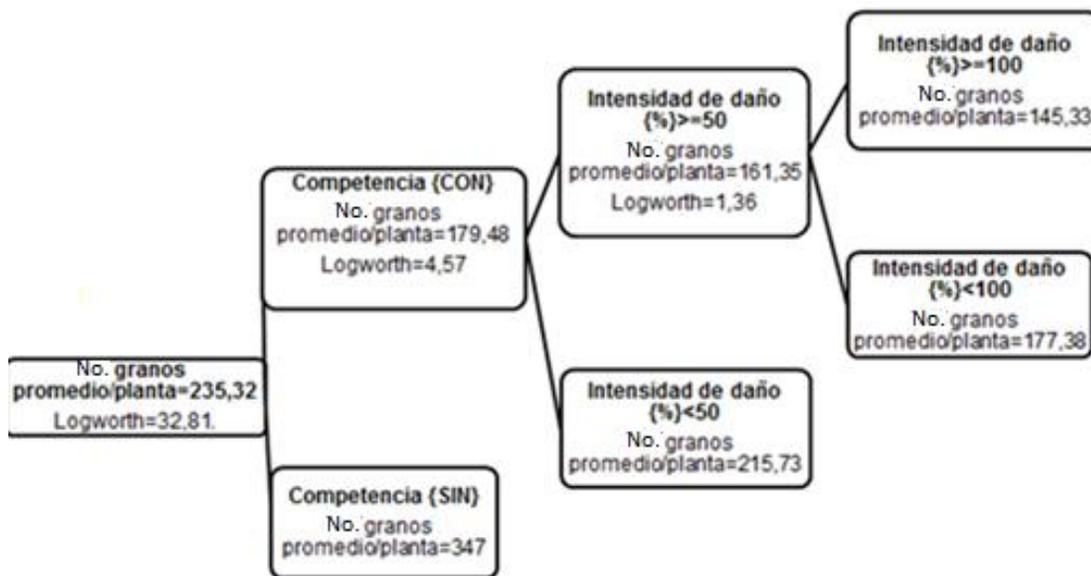


Figura 6. Árbol de clasificación recursiva de los efectos que explican el número de granos promedio por planta.

El único factor que tuvo efecto sobre el número de granos promedio por planta fue la competencia (anexo 10). Esto concuerda con lo hallado por Rodríguez et al. (2014) quienes encontraron que a mayor densidad de siembra se obtuvo menor número de granos por planta.

Cuadro 4. Número de granos por planta según intensidad de daño.

Intensidad de daño (%)	Número de granos por planta	
0	281,01	ns
50	259,44	ns
100	247,61	ns
promedio	235,32	
CV%	26,23	
p	0,1169	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

A pesar de que en la figura 6 aparezca la intensidad de daño como el segundo factor en determinar el número de granos por planta, del análisis

de la varianza surge que no hubo efecto de dicho tratamiento, ni existió una interacción entre nivel de daño y competencia. Los datos presentados en el cuadro 4 concuerdan con Perotti et al. (2012) quienes encontraron que el daño en V5 no tuvo efecto sobre el número de granos por planta (anexo 10).

Cuadro 5. Número de granos por planta según régimen hídrico.

Régimen hídrico	Número de granos por planta	
ANL	268,03	ns
50 AL	271,25	ns
AL	248,79	ns
promedio	235,32	
CV%	26,23	
p	0,39	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL (testigo): agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

El régimen hídrico tampoco tuvo efecto sobre el número de granos por planta (cuadro 5, anexo 10), probablemente debido a que los regímenes hídricos diferenciales se provocaron en el período vegetativo (V6 a R1), muy alejados del período crítico (R4-R6).

$R^2=0,81$

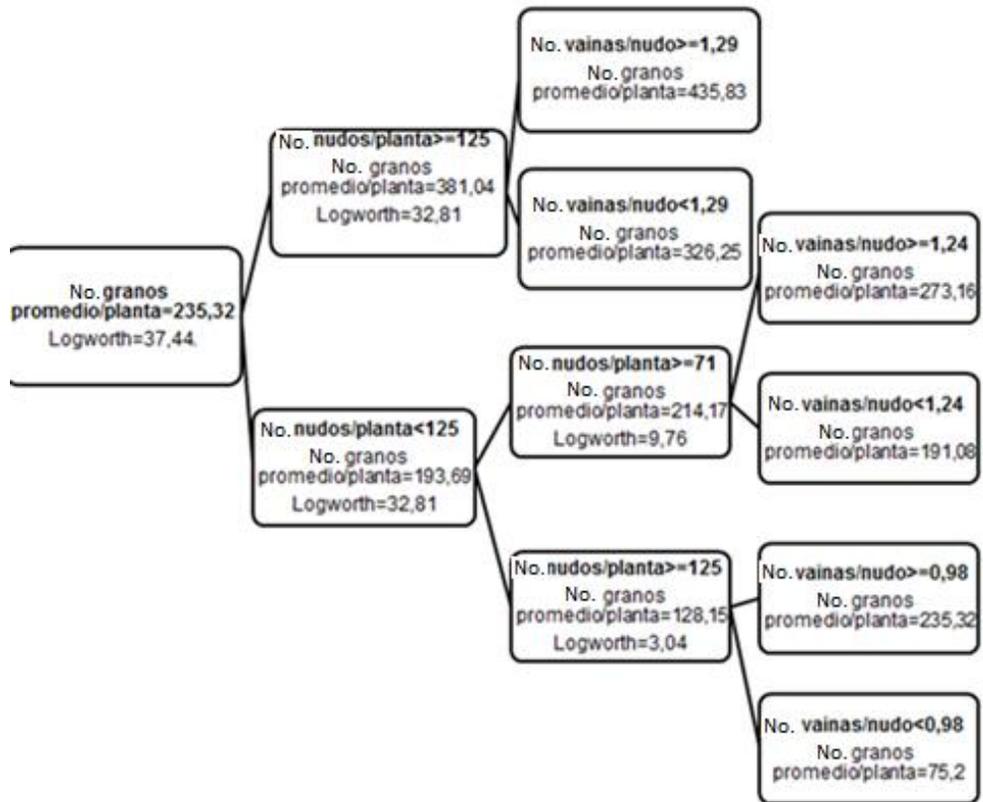


Figura 7. Árbol de regresión recursiva de los efectos de los componentes de rendimiento sobre el número de granos promedio por planta.

El número de nudos por planta fue el componente del rendimiento que tuvo mayor incidencia sobre el número de granos por planta (figura 7). Esto coincide con Enrico et al. (2014) quienes concluyeron que a los efectos de maximizar los rendimientos en soja es necesario seleccionar o desarrollar cultivares que tengan un rápido crecimiento vegetativo medido como número de nudos/planta. Kantolic (2003a) sugiere que el número de granos por planta es un componente complejo que depende de subcomponentes dentro de los cuales se encuentra el número de nudos por planta, por lo que es esperable que, un aumento en dichos nudos, ocasione un incremento en el número de granos. Los nudos fueron los primeros órganos de la planta de soja que comenzaron a formar el rendimiento potencial ya que, desde la emergencia, y con la aparición de las hojas, se formaron los nudos, los cuales dependiendo de las condiciones a las que estuvo sometido el cultivo, tuvieron o no la capacidad de formar vainas. Esto probablemente explique la incidencia de dicho componente sobre el número de granos. Se define rendimiento potencial como aquel que puede ser logrado cuando se maximiza

los recursos de un ambiente, minimizando las limitaciones de agua o nutrientes que pudieran presentarse, y disminuyendo la incidencia de plagas, enfermedades, malezas, etc. (Toledo, 2015).

El siguiente componente del rendimiento que tuvo efecto fue el número de vainas/nudo, lo que nuevamente concuerda con Enrico et al. (2014) quienes encontraron que en general el mayor número de semillas.m⁻² se relacionó con el número de vainas.m⁻². Estos autores también hallaron que algunos de los cultivares que utilizaron produjeron un mayor número de vainas.m⁻² que el promedio general, debido a la mayor producción de vainas por nudo. El grupo de menor número de nudos se asoció con un aumento en la densidad de plantas como se puede observar en el cuadro 8. Kantolic (2003a), Díaz-Zorita y Duarte (2004) establecen que una mayor densidad de plantas, normalmente se compensa con un menor número de nudos por planta, y con una disminución de la fertilidad de cada nudo.

A modo de síntesis, el único factor que tuvo efecto significativo sobre el número de granos fue la competencia (anexo 10). Se destaca la importancia de todo el ciclo del cultivo en la formación del rendimiento potencial, ya que desde las primeras etapas -con la formación de nudos y las demás estructuras- se tendrá efectos en el principal subcomponente del rendimiento, el número de granos por planta.

4.1.3 Efecto de los tratamientos sobre el número de nudos y ramas por planta

Cuadro 6. Número promedio de nudos en tallo principal, ramas primarias, secundarias y totales por planta, en plantas de soja sometidas a diferentes regímenes hídricos.

Régimen hídrico	No. promedio de nudos en tallo principal/pl.		No. promedio de nudos en ramas primarias/pl.		No. promedio de nudos en ramas secundarias/pl.		No. promedio de nudos totales/pl.	
ANL	13,26	b	64	ns	36,13	a	112,81	a
50AL	14,36	ab	61	ns	26,85	b	101,71	ab
AL	15,15	a	59,71	ns	21,1	b	97,16	b
promedio	14,16		58,21		23,12		95,49	
CV%	19,38		24,48		65,36		22,06	
p	0,0468		0,5205		0,0006		0,0211	
MDS	1,34				7,40		10,33	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL: agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Se encontró un mayor número de nudos en el tallo principal en aquellas plantas que fueron sometidas al régimen hídrico más limitante (AL). Sin embargo, tanto AL como 50AL tuvieron una caída en el número de nudos de las ramas secundarias en comparación al tratamiento de ANL, dando como resultado final una disminución significativa del número total de nudos por planta en el tratamiento de AL (cuadro 6). Esto concuerda con Díaz-Zorita y Duarte (2004) quienes encontraron que el número de nudos de las ramas se resiente fuertemente ante déficits hídrico. Este efecto se vio claramente en las ramas secundarias de los tratamientos AL y 50AL, sin embargo, difiere con lo encontrado por Kantolic (2003a) quien sugiere que el número de nudos de las ramificaciones se ve afectado principalmente por las condiciones hídricas y nutricionales luego de floración, condiciones que, en este experimento, fueron iguales para todos los tratamientos durante dicho período. Guamán y Peralta (1996) sugieren que el número de nudos está asociado positivamente con la humedad del suelo.

Cuadro 7. Número promedio de nudos en tallo principal, ramas primarias, ramas secundarias y totales por planta, en plantas sometidas a diferentes intensidades de daño (%).

Intensidad de daño (%)	No. promedio de nudos en tallo principal/pl.		No. promedio de nudos en ramas primarias/pl.		No. promedio de nudos en ramas secundarias/pl.		No. promedio de nudos total/pl.	
0	16,83	a	65,35	a	19,63	b	104,61	ns
50	12,98	b	62,39	ab	29,38	a	104,6	ns
100	12,95	b	56,98	b	35,08	a	102,46	ns
promedio	14,16		58,21		23,12		95,49	
CV%	19,38		24,48		65,36		22,06	
p	<0,0001		0,077		0,0004		0,9034	
MDS	1,34		6,98		7,40			

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

La intensidad de daño afectó significativamente a todos los componentes del cuadro menos al número promedio de nudos totales por planta (cuadro 7). Esto se debe a que las plantas dañadas si bien tuvieron

menor número de nudos en el tallo principal y en las ramas primarias, compensaron con mayor número de nudos en ramas secundarias.

Cuadro 8. Número promedio de nudos en tallo principal, ramas primarias, ramas secundarias y totales por planta, en plantas creciendo sin y con competencia.

Competencia	No. promedio de nudos en tallo principal/pl.		No. promedio de nudos en ramas primarias/pl.		No. promedio de nudos en ramas secundarias/pl.		No. promedio de nudos total/pl.	
SIN	14,55	ns	71,65	a	42,75	a	129,09	a
CON	13,96	ns	51,49	b	13,31	b	78,69	b
promedio	14,16		58,21		23,12		95,49	
CV%	19,38		24,48		65,36		22,06	
p	0,2975		<0,0001		<0,0001		<0,0001	
MDS			4,83		5,13		7,15	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

A mayor densidad de siembra las plantas tienen menor número de nudos totales por planta, además estos nudos serán menos fértiles (Kantolic 2003a, Díaz-Zorita y Duarte 2004). Esto se ve reflejado en el cuadro 8 donde los nudos en ramas primarias, secundarias y totales con competencia fueron menos que aquellas plantas sin competencia.

Resumiendo la temática de nudos, se puede afirmar que cuando las condiciones son limitantes en recursos, como agua (AL) y nutrientes (con competencia) la planta tiende a formar menor cantidad de nudos totales, limitando el futuro rendimiento potencial (Kantolic 2003a, Toledo 2015). El total de nudos se vio afectado por la intensidad de daño, se encontró menor cantidad de nudos en tallo principal y ramas primarias en condiciones de 100% de daño, mientras que los nudos en las ramas secundarias aumentaron al aumentar la intensidad de daño, lo que finalmente se tradujo en igual número de nudos totales para los tres tratamientos de intensidad de daño (anexos 11, 12, 13 y 14).

Cuadro 9. Número promedio de ramas primarias, secundarias y totales por planta sometidas a distintas condiciones de régimen hídrico.

Régimen hídrico	No. promedio de ramas primarias/pl.		No. promedio de ramas secundarias/pl.		No. promedio de ramas totales/pl.	
ANL	11,2	ns	8,34	ns	19,96	a
50 AL	10,6	ns	7,91	ns	18,83	a
AL	10,3	ns	6,04	ns	15,5	b
promedio	10,35		6,26		16,61	
CV%	23,26		64,99		28,73	
p	0,2989		0,117		0,0009	
MDS					2,34	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL: agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Se evidencia una disminución del número de ramas totales cuando el agua es limitante (AL) (cuadro 9). Según Otegui (2009) en situaciones deficitarias uno de los componentes del cultivo que se ve afectado es el número de ramas totales, las cuales disminuyen. Ese menor número de ramas totales se debió probablemente al efecto acumulado de la menor cantidad de ramas primarias y secundarias ya que al estudiar ambas variables aisladamente no hubo efecto significativo, pero si al contabilizar la totalidad de las mismas.

Cuadro 10. Número promedio de ramas primarias, secundarias y totales por planta sometidas al efecto intensidad de daño (%).

Intensidad de daño (%)	No. promedio de ramas primarias/pl.		No. promedio de ramas secundarias/pl.		No. promedio de ramas totales/pl.	
0	10,75	ns	5,97	b	16,27	b
50	10,75	ns	7,71	ab	18,38	ab
100	10,56	ns	8,61	a	19,65	a
promedio	10,35		6,26		16,61	
CV%	23,26		64,99		28,73	
p	0,9374		0,0464		0,0202	
MDS			1,99		2,34	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Se encontró un aumento significativo en el número de ramas secundarias a medida que se incrementó la intensidad de daño (cuadro 10). Eso concuerda con lo indicado por Álvarez (2013a) que señala que los daños ocasionados por *C. aporema* producen una pérdida de la dominancia apical, activándose yemas laterales que favorecen la formación de ramas y la disminución en altura de las plantas (cuadro 11), provocando un aspecto de “candelabro” (anexo 20).

Cuadro 11. Efecto de diferentes intensidades de daño sobre la altura de plantas (cm).

Intensidad de daño (%)	Altura de planta (cm)	
0	55,36	a
50	43,94	b
100	42,44	b
promedio	46,83	
CV%	14,47	
p	<0,0001	
MDS	3,32	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Cuadro 12. Número promedio de ramas primarias, secundarias y totales por planta, en plantas creciendo sin y con competencia.

Competencia	No. promedio de ramas primarias/pl.		No. promedio de ramas secundarias/pl.		No. promedio de ramas totales/pl.	
SIN	11,69	a	10,96	a	22,56	a
CON	9,68	b	3,91	b	13,64	b
promedio	10,35		6,26		16,61	
CV%	23,26		64,99		28,73	
p	0,0001		<0,0001		<0,0001	
MDS	0,81		1,38		1,61	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: Mínima diferencia significativa.

Aquellas plantas que crecieron en competencia produjeron una menor cantidad de asimilados por planta, lo que se tradujo en un menor número de ramas primarias, secundarias y totales (cuadro 12), resultando en un menor rendimiento final por planta como se pudo apreciar en el cuadro 3. Kantolic et al. (2003b) remarcan la importancia que tienen las condiciones

ambientales sobre la capacidad de ramificación y esta última sobre el número de nudos por planta.

Si se analiza la altura de planta según el efecto de la competencia se puede observar en el cuadro 13 que las plantas más altas correspondieron a situaciones donde había una sola planta por maceta (sin competencia).

Cuadro 13. Efecto de la competencia sobre la altura de planta.

Competencia	Altura de planta (cm)	
SIN	48,5	a
CON	46	b
promedio	46,83	
CV%	14,47	
p	0,076	
MDS	2,3	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: Mínima diferencia significativa.

A modo de síntesis, respecto al régimen hídrico las plantas de soja sometidas a las mejores condiciones (ANL y 50AL) tuvieron mayor cantidad de ramas totales que las que fueron sometidas a las peores condiciones (AL). A su vez, cuando las plantas se encontraron en situaciones sin competencia el número de ramas primarias, secundarias y totales, y la altura de planta fue mayor. Se constató para intensidades de daño del 100% una mayor ramificación en comparación con las de 0% de intensidad de daño. Fue evidente la menor altura de plantas en las situaciones donde la intensidad de daño fue de 50 y 100%, frente a las plantas que no fueron dañadas (anexos 16, 17, 18 y 19).

4.1.4 Efecto de los tratamientos sobre el número de vainas de una, dos, tres, y más de tres semillas

Cuadro 14. Efecto del régimen hídrico sobre el número de vainas con distinto número de semillas por planta.

Régimen hídrico	No. promedio de vainas con 1 semillas/pl.		No. promedio de vainas con 2 semillas/pl.		No. promedio de vainas con 3 semillas/pl.		No. promedio de vainas con más de 3 semillas/pl.		No. promedio de vainas totales/pl.	
ANL	31,76	a	56,4	a	44,06	ns	0,65	ns	130,01	ns
50AL	28,21	b	55,77	a	41,65	ns	1,17	ns	128,14	ns
AL	22,5	b	47,09	b	39,58	ns	1,08	ns	114,94	ns
promedio	24,69		47,69		37,22		0,9		111,63	
CV%	46,84		27,07		35,34		154,55		25,39	
p	0,0198		0,0232		0,3986		0,2778		0,1367	
MDS	5,67		6,33							

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL: agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

Se registró una mayor cantidad de vainas de una semilla en las situaciones de ANL frente a las situaciones de 50AL y AL. La producción de vainas de dos semillas fue superior en los tratamientos de ANL y 50AL. Para vainas de tres semillas, vainas de más de tres semillas y número de vainas totales, no hubo efecto del régimen hídrico (cuadro 15).

A diferencia de lo encontrado en este experimento, Andriani et al. (1991), Kantolic (2003a), Díaz-Zorita y Duarte (2004), indican que un déficit hídrico temprano, que disminuya el ritmo de fotosíntesis y la tasa de crecimiento del cultivo, podría disminuir el número de vainas totales por una reducción en la diferenciación de flores y un aumento de la mortandad de las mismas.

Cuadro 15. Efecto de la intensidad de daño sobre el número de vainas con distinto número de semillas por planta.

Intensidad de daño (%)	No. promedio de vainas con 1 semillas/pl.		No. promedio de vainas con 2 semillas/pl.		No. promedio de vainas con 3 semillas/pl.		No. promedio de vainas con más de 3 semillas/pl.		No. promedio de vainas totales/pl.	
0	28,46	ns	56,58	ns	46,15	a	0,83	ns	132,41	ns
50	27,54	ns	52,7	ns	40,77	ab	0,92	ns	122,62	ns
100	26,48	ns	49,97	ns	38,38	b	1,15	ns	118,07	ns
promedio	24,69		47,69		37,22		0,9		111,63	
CV%	46,84		27,07		35,34		154,55		25,39	
p	0,8057		0,1497		0,0588		0,6487		0,1468	
MDS					6,44					

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

La intensidad de daño afectó el número de vainas de tres semillas (cuadro 16), encontrándose una menor cantidad de las mismas en la situación con 100% de intensidad de daño, frente a las plantas que no fueron dañadas. Analizando la totalidad de las vainas, no hubo diferencia significativa. Al ser atacados los brotes axilares y terminales se reduce potencialmente el rendimiento ya que estas estructuras son las precursoras de flores y vainas (Rogers y Brier, 2010b).

Cuadro 16. Efecto de la competencia sobre el número de vainas con distinto número de semillas por planta.

Competencia	No. promedio de vainas con 1 semillas/pl.		No. promedio de vainas con 2 semillas/pl.		No. promedio de vainas con 3 semillas/pl.		No. promedio de vainas con más de 3 semillas/pl.		No. promedio de vainas totales/pl.	
SIN	35,88	a	69,29	a	55,39	a	1,17	ns	162,57	a
CON	19,1	b	36,88	b	28,14	b	0,76	ns	86,16	b
promedio	24,69		47,69		37,22		0,9		111,63	

CV%	46,84	27,07	35,34	154,5 5	25,39
p	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	0,158 7	<0,000 1
MDS	3,92	4,38	4,46		9,62

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

En situaciones con competencia se registró menor número de vainas de una, dos, tres semillas y vainas totales por planta (cuadro 17). Según Kantolic (2003a) todas las situaciones que disminuyan la tasa de crecimiento y fotosíntesis del cultivo disminuirán el número de vainas por nudo y por consiguiente, el número de vainas totales. A su vez Andrade et al. (2002), establecieron que aumentos en la densidad de plantas podría producir un marcado aumento del aborto de vainas que puede llegar al 80%.

Sintetizando para la variable número de vainas, el régimen hídrico y las diferentes intensidades de daño no tuvieron un efecto significativo sobre el número de vainas totales. Hubo variaciones en los distintos tipos de vainas que componen el total, así como una tendencia general a que, en situaciones menos estresantes (ANL, 0% intensidad de daño y sin competencia) el número de vainas totales fue mayor, mientras que en las peores condiciones (AL, 100% intensidad de daño, con competencia) fue menor (anexos 21, 22, 23, 24 y 25).

4.1.5 Efecto de los tratamientos sobre el número de granos por vaina

Cuadro 17. Efecto del régimen hídrico sobre el número promedio de granos por vaina.

Régimen hídrico	No. promedio de granos/vaina.	
ANL	2,03	b
50 AL	2,15	a
AL	2,16	a
promedio	2,11	
CV%	9,49	
p	0,0121	
MDS	0,099	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL: agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: Agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

El cultivo de soja tiene la capacidad de compensar una disminución en el número de vainas (en condiciones de estrés hídrico como fueron 50AL y AL), con un aumento en el número de granos/vaina al retomarse buenas condiciones hídricas una vez finalizado el periodo de estrés del experimento (cuadro 18) (Andriani et al. 1991, Andrade et al. 2002).

Al igual que Ceretta et al. (2004), se encontró una correlación débil negativa, pero significativa para el número de vainas por planta y el número de granos por vaina, para las condiciones más limitantes de régimen hídrico (AL y 50AL). Para la situación de ANL, la correlación fue débil, positiva y significativa. Esto último probablemente se deba a que en buenas condiciones hídricas (ANL), las plantas tuvieron la capacidad de generar más vainas y más granos por vaina (figura 8, anexos 28,29 y 30).

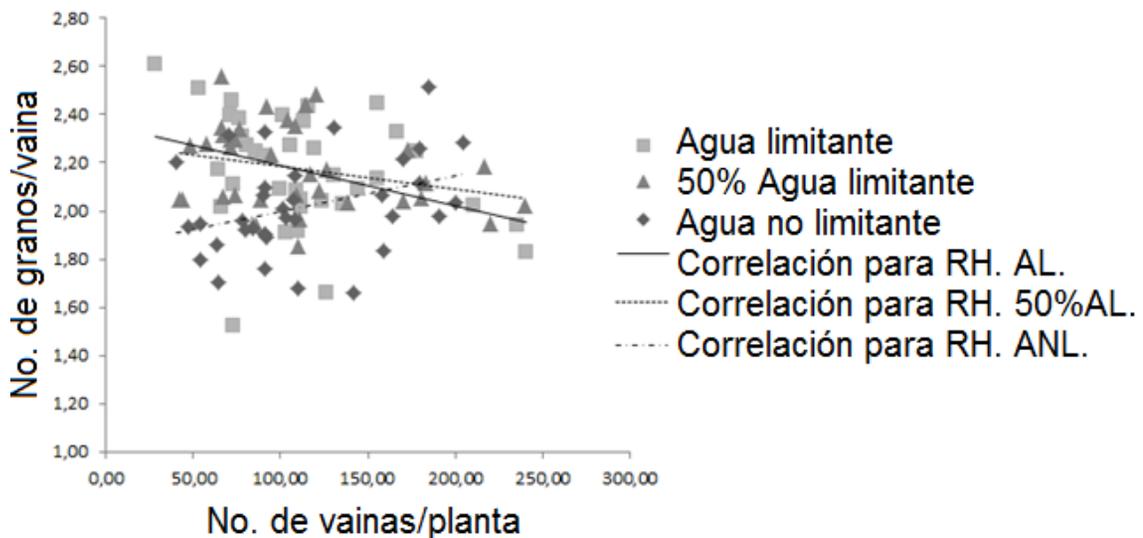


Figura 8. Correlación entre número promedio de vainas por planta y número promedio de granos por vaina para los diferentes regímenes hídricos.

Andriani et al. (1991), Andrade et al. (2002) afirman que en caso de que el número de vainas se vea afectado, la planta puede compensar con el número de granos por vaina y con el tamaño de los mismos, pero con límites determinados genéticamente.

Cuadro 18. Efecto de la intensidad de daño sobre el número promedio de granos por vaina.

Intensidad de daño (%)	No. promedio de granos/vaina.	
0	2,12	ns
50	2,13	ns
100	2,1	ns

promedio	2,11
CV%	9,49
p	0,8748

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

La intensidad de daño no tuvo efecto sobre el número promedio de granos por vaina, probablemente porque el daño fue ocasionado en período vegetativo, lo que dista mucho del período de formación de granos en las vainas, concordando con lo verificado por Chiaravalle y Zerbino, citados por Zerbino y Alzugaray (1994), Perotti et al. (2012), quienes establecen que el efecto causado por la eliminación de brotes en V5 no tiene efectos significativos sobre el rendimiento.

Cuadro 19. Efecto de la competencia sobre el número promedio de granos por vaina.

Competencia	No. promedio de granos/vaina	
SIN	2,13	ns
CON	2,1	ns
promedio	2,11	
CV%	9,49	
p	0,5496	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. CV: coeficiente de variación.

Parcianello et al. (2003), Ludwig et al. (2007) encontraron que el número de granos por vaina en función de la densidad de siembra no varió. Kantolic et al. (2003b) afirman que el número de granos por vaina es mucho más estable que los demás subcomponentes numéricos del rendimiento ante variaciones ambientales, ya que está mayormente determinado por el componente genético del cultivo.

La variable granos por vaina parece ser la que menos varió con las condiciones ambientales, probablemente porque se encuentra determinado genéticamente como sugieren los autores citados anteriormente. A pesar de ello, el régimen hídrico tuvo un efecto sobre dicha variable, probablemente éste fue indirecto a través de la disminución del número de vainas en las situaciones de AL, lo que provocó una respuesta compensatoria por parte de la planta de soja, aumentando el número de granos por vaina (anexo 26).

4.2 EFECTO DE LAS INTERACCIONES DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

Se analizarán a continuación las interacciones sobre las variables cuyos efectos fueron estadísticamente significativos con un nivel de significancia de 0,10.

4.2.1 Efecto de la interacción entre intensidad de daño y competencia

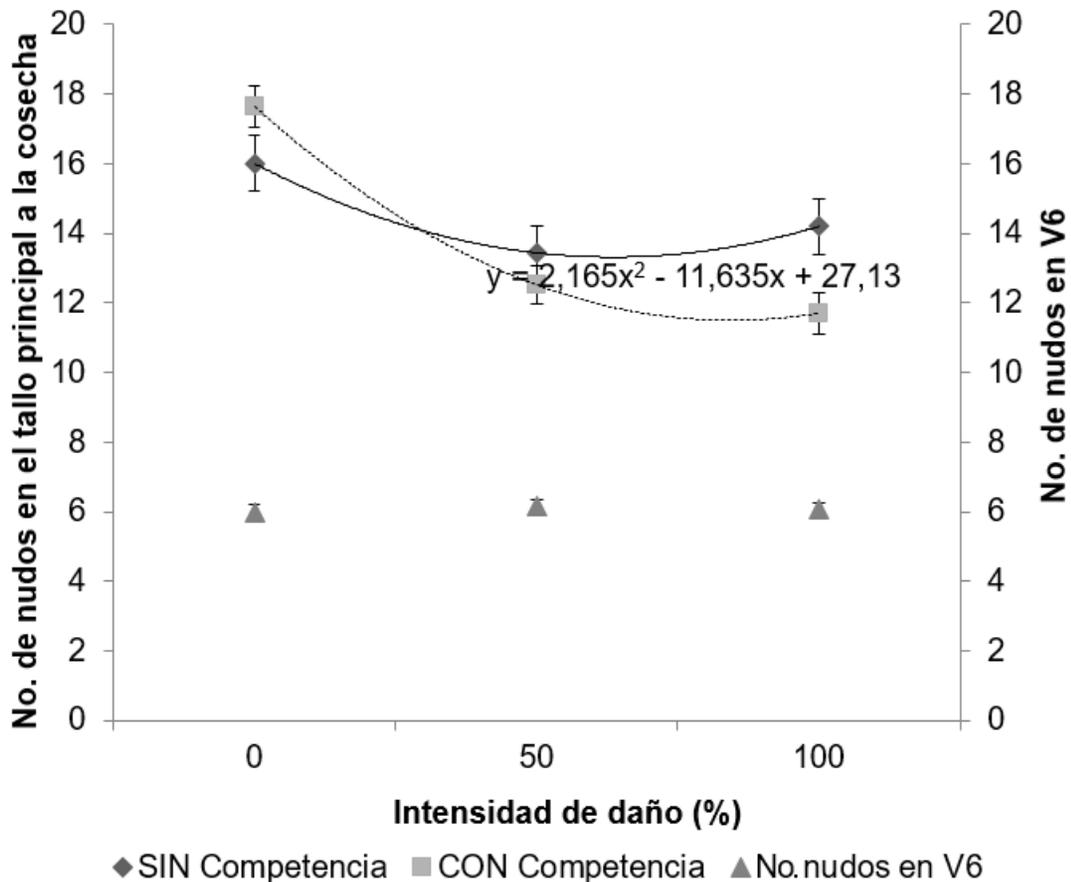


Figura 9. Número de nudos en tallo principal bajo el efecto de la interacción entre intensidad de daño y competencia.

En los tratamientos sin competencia el daño no tuvo efecto significativo sobre el número de nudos en el tallo principal a cosecha, en ninguna de las intensidades de daño. Esto evidencia nuevamente lo concluido por Chiaravalle y Zerbino, citados por Zerbino y Alzugaray (1994) haciendo referencia a la cierta tolerancia al daño por parte de las plantas. El número de nudos en el tallo principal a cosecha en los tratamientos con competencia, disminuyeron significativamente al recibir intensidades de 50% y 100% (figura 9, anexo 11). Probablemente no se expresó la tolerancia al daño debido a la menor cantidad de recursos para utilizar entre las dos plantas.

Cortar el brote apical en V6 no limitó el crecimiento del tallo principal, ya que las plantas repusieron el meristema apical eliminado y continuaron su crecimiento, alcanzando un mayor número de nudos a la cosecha (figura 9). Gutiérrez (2012) indica que algunas células podrían revertir su estado desarrollado hacia otro proliferante, de célula madre o incluso de célula embrionaria, lo que podría explicar la regeneración del meristema apical. Otra posible explicación podría ser que, el meristema inmediato inferior al que fue eliminado domine sobre el resto, pasando a cumplir la función de meristema apical.

Para las variables: rendimiento (g/pl), número de granos por planta, número promedio de nudos en ramas primarias, número de nudos en ramas secundarias/planta, número total de nudos/planta, número de ramas primarias/planta, número de ramas secundarias/planta, número de ramas totales/planta, altura de planta (cm), número de vainas de una semilla/planta, número de vainas de dos semilla/planta, número de vainas de tres semilla/planta, número de vainas de más de tres semilla/planta, número de vainas totales/planta, número de granos/vaina, el efecto de la competencia fue en la mayoría de los casos el principal factor en determinar diferencias significativas independientemente de la intensidad de daño recibida donde las medias fueron mayores en condiciones sin competencia y menores en con competencia. Ninguna combinación de intensidad de daño tuvo un efecto suficientemente positivo como para que un tratamiento con competencia supere a uno sin competencia, demostrando que las respuestas dentro de cada variable fueron similares, descartando el posible efecto de la interacción entre intensidad de daño y competencia. La mayor importancia de la competencia se debe principalmente a que este factor define la cantidad de nutrientes, luz, agua y espacio que tienen las plantas para crecer, mientras que los tratamientos de daño fueron aplicados en períodos tempranos (V6) por lo que su efecto no tuvo mucho peso en las variables anteriormente mencionadas, las cuales se definen durante un periodo muy extenso en el ciclo del cultivo, o en periodos temporalmente alejados del momento de desbrotado (Kantolic, 2003a).

4.2.2 Efecto de la interacción régimen hídrico e intensidad de daño

Cuadro 20. Efecto de la interacción régimen hídrico e intensidad de daño para: número de nudos en el tallo principal, número de vainas de una y de más de tres semillas por planta y número de granos por vaina.

Régimen hídrico	Intensidad de daño (%)	No. de nudos en el tallo principal	No. de vainas de una semilla/planta	No. de vainas con más de tres semillas por planta	No. de granos por vaina				
ANL	0	14,25	b	27,73	abc	1,13	ab	2,08	ab
ANL	50	13,39	b	33,12	a	0,5	ab	2,06	ab
ANL	100	12,14	b	34,43	a	0,31	b	1,94	b
50 AL	0	17,75	a	26,11	abc	1,06	ab	2,2	a
50 AL	50	12,6	b	31,74	ab	1,38	ab	2,07	ab
50 AL	100	12,72	b	26,79	abc	1,06	ab	2,19	a
AL	0	18,5	a	31,53	ab	0,31	b	2,06	ab
AL	50	12,95	b	17,76	c	0,88	ab	2,25	a
AL	100	14	b	18,21	bc	2,06	a	2,18	a
promedio		14,16		24,69		0,9		2,11	
CV%		19,38		46,84		154,55		9,49	
p		0,0524		0,0227		0,0426		0,0365	
MDS		3,26		13,75		1,65		0,24	

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL (testigo): agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

La mayor cantidad de nudos en el tallo principal se encontró en las condiciones donde no se provocó daño, excepto para ANL. Probablemente se deba a que mientras que las plantas que no recibieron daño continuaron su crecimiento del tallo principal ininterrumpidamente, las que recibieron daño tuvieron que reponer el meristema apical primero, para después poder continuar el crecimiento. La menor cantidad de nudos en el tallo principal se encontraron en las situaciones con 50 y 100% de intensidad de daño, independientemente del régimen hídrico, y para el régimen hídrico ANL, independientemente de la intensidad de daño recibida (cuadro 21, anexo 11).

Para vainas de una y más de tres semillas por planta, si bien las interacciones fueron significativas, la amplia variación entre plantas no permitió atribuir las diferencias encontradas al efecto de los tratamientos.

ANL con 100 % de daño tuvo significativamente menor número de granos por vaina que 50AL con 0 y 100 % de daño y AL con 50 y 100 % de daño (anexo 26). Nuevamente esto pudo deberse a que en las peores condiciones hídricas (50AL y AL) las plantas compensaron una menor cantidad de vainas aumentando el número de granos por vaina.

La interacción de régimen hídrico con el nivel de intensidad de daño no tuvo efecto para las variables: rendimiento (g/pl), número de ramas primarias, secundarias y totales, número de vainas de dos y tres semillas/planta y número de vainas totales debido probablemente a que ambos tratamientos fueron aplicados en estados fenológicos muy tempranos (régimen hídrico de V6 a R1, intensidad de daño en V6) lo que dista temporalmente de los períodos que definen las variables anteriormente mencionadas. Las variables número de nudos en ramas primarias, secundarias y totales por planta así como la altura (cm) se definen durante casi todo el ciclo del cultivo de soja, es decir desde la emergencia hasta aproximadamente R5, por lo que luego de culminado el régimen hídrico diferencial y retomado el riego de mantenimiento, las plantas tuvieron tiempo de compensar los déficits hídricos y de reponer los meristemas (Kantolic 2003a, Gutiérrez 2012).

4.2.3 Efecto de la interacción régimen hídrico competencia

Cuadro 21. Efecto de la interacción régimen hídrico competencia para las variables: número de nudos en el tallo principal, número de ramas secundarias por planta, número de vainas de una y de tres semillas por planta y número de granos por vaina.

Régi- men hídrico	Competencia	No. de nudos en el tallo principal	No. de ramas secunda- rias por planta	No. promedio de vainas de una semilla por planta	No. prome- dio de vainas de tres semillas por planta	No. de granos por vainas
ANL	SIN	12,03 c	12,25 a	35,14 ab	58,33 a	2,14 a
ANL	CON	14,49 abc	4,44 c	28,38 b	20,83 b	1,91 b
50 AL	SIN	15,24 abc	12,38 a	40,99 ab	52 a	2,08 ^a _b
50 AL	CON	13,47 bc	3,45 c	15,44 c	31,29 b	2,23 a
AL	SIN	16,38 a	8,24 b	31,51 ab	55,83 a	2,16 a
AL	CON	13,92 abc	3,85 c	13,49 c	32,29 b	2,16 a
Prome- -dio		14,16	6,26	24,69	37,22	2,11
CV%		19,38	64,99	46,84	35,34	9,49
p		0,0016	0,0787	0,0082	0,0278	0,0013
MDS		2,55	3,79	10,77	12,25	0,19

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente. ANL (testigo): agua no limitante, 50AL: 50% de agua limitante, AL: agua limitante, CV: coeficiente de variación, MDS: mínima diferencia significativa.

AL sin competencia fue la combinación de tratamientos que alcanzó la mayor cantidad de nudos en el tallo principal, significativamente mayor que 50AL y ANL, con y sin competencia respectivamente. Dentro de regímenes hídricos iguales, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre situaciones contrastantes de competencia (cuadro 22, anexo 11). Sin embargo, Kantolic (2003a) encontró que densidades de siembra extremadamente altas se asociaron a una menor cantidad de nudos en el tallo principal. Guamán y Peralta (1996) sugieren que el sombreado disminuye la intensidad de la luz recibida, y esto puede disminuir el número de nudos.

Al analizar el número de ramas secundarias, si bien el p-valor es significativo, el alto coeficiente de variación entre plantas no permitió atribuir las diferencias encontradas al efecto de los tratamientos

Si bien para número de vainas de una semilla el coeficiente de variación fue elevado, el p-valor tan bajo permitiría concluir que el mayor número de vainas de una semilla se registró en las situaciones sin competencia, independientemente del tratamiento de régimen hídrico recibido. La única situación con competencia que no se diferenció de las situaciones sin competencia correspondió al régimen hídrico de ANL, probablemente debido a que la cantidad de agua fue suficiente para abastecer a las dos plantas (en competencia). Los dos peores escenarios fueron los regímenes hídricos más limitantes (50AL y AL) y para la situación con competencia (anexo 21).

La competencia fue el factor principal en determinar el número de vainas de tres semillas. En las situaciones con competencia la planta produjo menor número de vainas de tres semillas que en las situaciones sin competencia, independientemente del régimen hídrico. Esto pudo deberse probablemente a que fue más determinante la competencia por nutrientes y luz que el agua aportada en los diferentes regímenes hídricos para un mismo nivel de competencia (anexo 23).

Las plantas sometidas a los regímenes hídricos de ANL tuvieron mayor número de granos por vaina en condiciones sin competencia frente al mismo tratamiento de régimen hídrico con competencia, siendo esta última combinación de factores la que alcanzó el menor número de granos por vaina. Para los regímenes hídricos de 50AL y AL no existieron diferencias significativas al comparar sin y con competencia.

No hubo interacción de régimen hídrico con competencia para las variables: número de granos por planta, y número de vainas de más de tres semillas probablemente debido a que la respuesta se vio principalmente condicionada por otros factores que no son los mencionados en este párrafo (factores genéticos, Kantolic, 2003a). Ninguna condición de régimen hídrico pudo contrarrestar el efecto negativo de la siembra en competencia. Se hallaron diferencias significativas entre niveles de competencia (sin competencia vs con competencia) independientemente del nivel de régimen hídrico para las variables rendimiento (g/pl), número de nudos en ramas primarias, secundarias y totales, número de ramas primarias y totales, altura de planta (cm), número de vainas de dos semillas/planta y número de vainas totales por planta. Se encontró siempre la misma respuesta a dichos factores sin constatar un efecto de interacción que resalte cierta combinación de factores en específico.

4.2.4 Efecto de la interacción régimen hídrico, intensidad de daño y competencia

Las interacciones triples no fueron significativas para ninguna de las variables estudiadas ya que se considera que, para los coeficientes de variación existentes, una exigencia del 10% para el p valor es muy bajo. Al aumentar la exigencia a un 5% ninguna interacción triple fue significativa (anexos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

5. CONCLUSIONES

5.1 RÉGIMEN HÍDRICO

El régimen hídrico tuvo efecto sobre el rendimiento (g/planta), las plantas sometidas a ANL y 50AL rindieron más que las sometidas a AL. El componente del rendimiento que explicó los resultados obtenidos fue el número de granos por planta, el cual no se vio afectado por el régimen hídrico, sin embargo, este componente estuvo explicado principalmente por la variación del número de nudos por planta que sí estuvo afectado por el régimen hídrico. Cuando el régimen hídrico fue menos limitante se obtuvo un mayor número de nudos en tallo principal, en ramas secundarias, y, por lo tanto, mayor número de nudos totales por planta. Se evidenció, además, una disminución del número de ramas totales cuando el agua fue limitante. El número de vainas totales por planta no fue afectado, pero sí el número de vainas con una o dos semillas cuyo promedio fue mayor en las situaciones menos limitantes. El número de granos por vaina fue mayor en las condiciones de 50AL y AL, frente a la condición menos restrictiva (ANL).

5.2 INTENSIDAD DE DAÑO

El daño a los brotes disminuyó la altura de plantas, incrementó el número de ramas secundarias y el número de nudos en ramas primarias y secundarias sin afectar el número total de nudos por planta. Se registró, además una disminución en el número de vainas de tres semillas. Las plantas dañadas en V6 no mostraron rendimientos significativamente diferentes a las no dañadas, probablemente por un mecanismo de compensación a través de la emisión de ramas y un mayor número de nudos en esas ramas.

5.3 COMPETENCIA

La competencia fue la única variable que afectó significativamente el número de granos y el número de vainas totales por planta. Esto dio como resultado que los mayores rendimientos se obtuvieron en las plantas que crecieron sin competencia. Las plantas que no tuvieron competencia fueron las de mayor altura y las que produjeron mayor número de ramas y mayor número de nudos por rama, lo que permitió la formación de un mayor número de vainas y, por lo tanto, un mayor número de granos por planta.

5.4 INTERACCIONES

Respecto a la interacción entre competencia e intensidad de daño: plantas que no tuvieron competencia fueron estadísticamente no distintas, independientemente de la intensidad de daño recibida, mientras que con competencia el número de nudos en el tallo principal a cosecha disminuyó con intensidades de daño del 50 y 100% evidenciando una menor tolerancia al daño en dichas situaciones.

Haciendo referencia a la interacción entre régimen hídrico e intensidad de daño, la mayor cantidad de nudos en el tallo principal a cosecha se encontró donde no se provocó daño y en condiciones de AL y 50AL. El corte de los meristemas axilares y apicales (50% y 100%) en V6 afectó la formación posterior de nudos en el tallo principal. Todas las plantas que recibieron intensidades de daño pudieron recuperarse, sin embargo, no se halló un efecto positivo de la mejor condición hídrica (ANL) frente a condiciones más restrictivas (50AL y AL) en la recuperación de esta variable. Para vainas de una y más de tres semillas por planta, si bien las interacciones fueron significativas, la amplia variación entre plantas no permitió atribuir las diferencias encontradas al efecto de los tratamientos. Se encontró que ANL con 100 % de daño tuvo significativamente menor número de granos por vaina que 50AL con 0 y 100 % de daño y AL con 50 y 100 % de daño, probablemente debido a que estos últimos dos regímenes hídricos compensaron una menor cantidad de vainas con un mayor número de granos por vaina.

Se encontró, para la interacción entre régimen hídrico y competencia, que el número de nudos en el tallo principal a cosecha no se vio afectado por la situación de competencia al comparar los mismos regímenes hídricos. Para la variable número de ramas secundarias la variación entre plantas fue tan elevada que no permitió atribuir los efectos únicamente a los tratamientos en estudio. El mayor número de vainas de una semilla se registró en las situaciones sin competencia, independientemente del tratamiento de régimen hídrico recibido. La única situación con competencia que no se diferenció de las situaciones sin competencia correspondió al régimen hídrico de ANL, probablemente debido a que la cantidad de agua fue suficiente para abastecer a las dos plantas. Además, para la variable vainas de más de tres semillas hubo un efecto negativo de la competencia al comparar mismos regímenes hídricos. Para el número de granos/vaina también se encontró el mismo efecto negativo de la competencia, pero únicamente en la condición hídrica menos limitante (ANL).

Las interacciones triples no fueron significativas para ninguna de las variables estudiadas.

6. RESUMEN

En la Estación Experimental “Dr. M. A. Cassinoni” situada en el Departamento de Paysandú, Uruguay, se evaluó el efecto de diferentes niveles de eliminación de brotes, en el estadio V6, del cultivo de soja (*Glycine max*, L.) en plantas sometidas a diferentes regímenes hídricos, en situaciones con y sin competencia. El diseño utilizado fue de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Las plantas se sembraron en macetas, y en el estadio V6 se eliminaron 0%, 50% y 100% de los brotes. Desde V6 hasta R1, se aplicaron los tratamientos de régimen hídrico: agua no limitante, 50% de agua limitante y agua limitante. Se determinó el efecto de los tratamientos y sus interacciones en el rendimiento y sus componentes, así como también en caracteres morfológicos como altura de planta, número de ramas primarias y secundarias. El rendimiento fue mayor en condiciones menos restrictivas, alcanzando valores promedio de 57,81 g/planta en situaciones sin competencia, más del doble que en la situación con competencia. El componente numérico del rendimiento que explicó los resultados obtenidos fue el número de granos por planta, y este a su vez fue explicado por el número de nudos por planta. Sobre el número de granos el único tratamiento que tuvo efecto fue la competencia, el máximo número de granos lo alcanzaron las plantas en situación sin competencia. El número de nudos total/planta fue máximo en las situaciones ambientales menos restrictivas (agua no limitante y sin competencia) mientras que las diferentes intensidades de daño no tuvieron efecto sobre dicha variable. Se constataron cambios morfológicos en función del tratamiento de intensidad de daño, observándose mayor número de ramas totales y menor altura de planta en aquellas que recibieron tratamientos de 50% y 100% de intensidades de daño. A su vez, la altura de planta también se vio modificada con la situación de competencia, siendo la altura promedio máxima alcanzada de 48,5 cm (sin competencia) y la altura promedio mínima de 46 cm (con competencia). El número de vainas totales por planta se vio afectado únicamente por la competencia, mientras que la composición general de las vainas de 1, 2, 3 y más de tres semillas tendió a ser máxima en las mejores condiciones ambientales (agua no limitante, 0% intensidad de daño y sin competencia). El número de granos por vaina varió en función de estas últimas, compensando una caída de vainas, con un aumento en el número de granos por vaina. Se analizó el efecto entre: intensidad de daño y competencia para la variable número de nudos en el tallo principal; régimen hídrico con intensidad de daño para las variables número de nudos en el tallo principal, número de vainas de una y más de tres semillas, número de granos por vaina; régimen hídrico y competencia para las variables número de nudos en el tallo principal, número de ramas secundarias, número de vainas de una y tres semillas, y número de granos por vaina.

Palabras clave: Desbrotado; *Glycine max*; Riego; Lagartas; Estadio fenológico V6-R1; Rendimiento.

7. SUMMARY

At Experimental Station “Dr. M. A. Cassinoni”, located in the department of Paysandú, Uruguay, the effect of different levels of sprouts elimination, at V6 stage, of soy crop (*Glycine max*, L.), in plants that underwent different hydrological regimes was analysed, in situations with and without competition. The design used was blocks randomly completed, with four repetitions. Plants were sowed in pots, and at V6 stage, 0%, 50% and 100% of sprouts were eliminated. From V6 to R1, hydrological regime treatments were applied: non-limiting water, 50% of limiting water and limiting water. The effect of treatments and its interactions in yield and its components were determined, as well as in morphological characteristics such as plant height and number of primary and secondary branches. Yield was higher in less restrictive conditions, reaching average values of 57,81 g/plant in situations without competition, more than twice than in the situation with competition. The numerical component of yield that explained the results obtained was the number of grains per plant, and this was explained due to the number of knots per plant. On the number of knots, the only treatment that had an effect was competition, the maximum number of grains was reached by plants in situations with no competition. The number of total knots per plant was higher in less restrictive environmental situations (non-limiting water and no competition) whereas the different levels of damage did not have an impact on such variable. Morphological changes were detected based on treatment of damage intensity. A higher number of total branches was observed and lower plant height in those that received treatment of 50% and 100% damage intensity. Also, the plant height was also modified with the competition situation, being the maximum average height reached 46 cm (with competition). The total number of pods per plant was only affected by competition, whereas the general composition of pods of 1, 2, 3 and more than three seeds tended to be the highest in the best environmental conditions (non-limiting water, 0% damage intensity and no competition). The number of grains per pod varied based on this last, balancing out the fall of pods with an increase in the number of grains per pod. The following effects were analysed: effect between damage intensity and competition for the variable number of knots in the main stem; hydrological regime with damage intensity for the variables number of knots in main stem, number of pods of one and more than three seeds, number of grains per pod; hydrological regime and competition for the variables number of knots in main stem, number of secondary branches, number of pods of one and three seeds and number of grains per pod.

Keywords: Sprouts elimination; *Glycine max*; Irrigation; Bollworm; Phenological stage V6-R1; Yield.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alí, A.; Choudhury, R. A.; Ahmad, Z.; Rahman, F.; Khan, F. R.; Ahmad, S. K. 2009. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. *Tunisian Journal of Plant Protection*. 4(1): 99-106.
2. Álvarez, D. 2013a. Isoca bolillera; una plaga que se está adaptando a los nuevos planteos productivos. *Helicoverpa gelotopoeon*. Bayer Crop Science. 16: 1-7.
3. _____; Abbate, S. 2013b. Nuevos problemas de plagas en soja; *Helicoverpa gelotopoeon* (lagarta bolillera). In: Simposio Nacional de Agricultura (3º., 2013, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. pp. 133-144.
4. Alzugaray, R; Stewart, S.; Zerbino, M. S. 1992. Epizootia por hongos sobre *Epinotia aporema* (Wals) (Lepidoptera, Tortricidae) en Uruguay. *Boletín de la Sociedad Zoológica del Uruguay* no. 7. 79 p.
5. _____; Ribeiro, A. 2000. Insectos en pasturas. In: Zerbino, S.; Ribeiro, A. eds. Manejo de plagas en pasturas y cultivos. Montevideo, INIA. pp. 13-30 (Serie Técnica no. 112).
6. Andow, D. A. 2008. The risk of resistance evolution in insects to transgenic insecticidal crops. *Collection of Biosafety Reviews*. 4: 142-199.
7. Andrade, F. H.; Sadras, V. O. 2000a. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. In: Andrade, F. H.; Sadras, V. O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. pp. 173-206.
8. _____; Aguirrezábal, L.; Rizzalli, R. 2000b. Crecimiento y rendimiento comparado. In: Andrade, F. H.; Sadras, V. O. eds.

Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. pp. 61-96.

9. _____.; _____.; _____. 2002. Determinación del rendimiento en girasol y soja. IDIA XXI: Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario. 2 (3): 102-106.
10. _____.; Calviño, P. 2004. Soja de segunda; una opción que suma. (en línea). Balcarce, INTA. 1 p. Consultado 29 abr. 2016. Disponible en http://anterior.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/soja/andrade_calv.htm
11. Andriani, J. M.; Andrade, F. H.; Suero, E. E.; Dardanelli, J. L. 1991. Water deficits during reproductive growth of soybeans; I their effects on dry matter accumulation, and its components. Agronomie. 11 (9): 737-746.
12. _____. 2002. Estrés hídrico en soja. IDIA XXI: Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario. 2 (3): 48-51.
13. Aragón, J. 2002. Insectos perjudiciales de la soja. IDIA XXI: Revista de Información sobre Investigación y Desarrollo Agropecuario. 3: 75 - 82.
14. _____.; Flores, F. 2011. Control integrado de plagas en soja en el sudeste de Córdoba. (en línea). Córdoba, Argentina. 9 p. Consultado 15 may. 2016. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-control_integrado_de_plagas_en_soja_en_el_sudeste_de_.pdf
15. Arbeletche, P.; Carballo, C. 2008. La expansión agrícola en Uruguay; algunas de sus principales consecuencias. Revista de Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario. 12: 7-20.
16. _____.; Gutiérrez, G. 2011. Crecimiento de la agricultura en Uruguay; exclusión social o integración económica en redes. Revista Pampa. 6: 113-138.

17. Ávila, C. J.; Vivan, L. M.; Tomquelski, G. V. 2013. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados, Mato Grosso do Sul, EMBRAPA Agropecuária Oeste. 12 p. (Circular Técnica no. 23).
18. Bentancourt, C. M.; Scatoni, I. B. 2001. Enemigos naturales; manual ilustrado para la agricultura y la forestación. Montevideo, Hemisferio Sur. 169 p.
19. _____; _____. 2006. *Epinota aporema*. In: Bentancourt, C. M.; Scatoni, I. B. eds. Lepidópteros de importancia económica en el Uruguay; reconocimiento, biología y daños de las plantas agrícolas y forestales. Montevideo, Hemisferio Sur/Facultad de Agronomía. pp. 211 - 215.
20. Blum, A.; Narbondo, I.; Oyhantçabal, G.; Sancho, D. 2008. Soja transgénica y sus impactos en Uruguay; la nueva colonización. Montevideo, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. 196 p.
21. Bodrero, M. 2003. Algunos factores genéticos y ambientales que influyen sobre el rendimiento de la soja. In: Jornada Nacional de la Soja (2003, Mercedes, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 1-13.
22. Bonjour, I.; Bonilla, F.; Claramunt, J. A. 2010. Producción de forraje y grano de soja (*Glycine max.*) bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 110 p.
23. CABI. EPPO (Centre for Agricultural Bioscience International. European and Mediterranean Plant Protection Organization, UE). 2014. Data sheets on quarantine pests; *Helicoverpa armigera*. (en línea). Paris. 6 p. Consultado 30 abr. 2016. Disponible en https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/insects/HELIAAR_ds.pdf
24. Canosa, G.; Prieto, C. 2013. Estudio del efecto de las deficiencias hídricas sobre el rendimiento en soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.

25. Caraballo de Silva, L. 1990. Manejo del riego en soya sembrada en suelos arenosos de la mesa de guanipa. *Agronomía Tropical*. 40: 35-56.
26. Ceretta, S.; Boutes, C.; Garrone, M.; Sastre, M. 2004. Soja; resultados experimentales de la red de ensayos en chacra, ausid-calmer-inia, zafra 2003-2004. (en línea). Mercedes, INIA. 13 p. Consultado 10 may. 2016. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2004/ad_370.pdf
27. Clarke, J. F. 1954. The correct name for a pest of legumes Lepidoptera, Olethreutidae. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. 56 (6): 309-310.
28. Correa, B. S. 1980. Sampling *Epinotia aporema* on soybean. In: Kogan, N.; Herzog, D. eds. *Sampling methods in soybean entomology*. New York, USA, Springer-Verlag. pp. 374-381.
29. Corrêa-Ferreira, B. S.; Hoffmann-Campo, C. B.; Sosa-Gómez, D. R. 2014. Inimigos naturais de *Helicoverpa armigera* em soja. (en línea). Londrina, Paraná, Brasil, EMBRAPA. 12 p. Consultado 13 may. 2016. Disponible en <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107296/1/Inimigos-naturais-de-Helicoverpa-armigera-em-soja.pdf>
30. Czepak, C.; Cordeiro Albernaz, K.; Vivan, L. M.; Guimaraes, H. O.; Carvalhais, T. 2013. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. Goiânia. 43 (1): 110-113.
31. Díaz-Zorita, M.; Duarte, G. A. 2004. Manual práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 230 p.
32. Dimcheva Ivanova, I. 2014. Selección de un aislado del nucleopoliedrovirus de *Helicoverpa armigera* (HearNPV) para su uso como base de un bioinsecticida. Tesis MSc. en Biotecnología. Pamplona, España. Universidad Pública de Navarra. 27 p.

33. Enrico, J. M.; Martignone, R. A.; Montaldo, M. S.; Bodrero, M. L. 2014. Características determinantes de altos rendimientos en siembras muy tardías de soja. INTA. Para Mejorar la Producción. 52: 107-112.
34. Farías, J. R. B.; Delgado Assad, E.; Rodrigues de Almeida, I.; Evangelista B. A.; Lazzarotto, C.; Neumaier, N.; Nepomuceno, L. A. 2001. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia. 9 (3): 415-421.
35. Fehr, W. R.; Caviness, C. E.; Burmood, D. T.; Pennington, J. S. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. Crop Science. 11 (6): 929-931.
36. Fichetti, P.; Avalos, S.; Mazzuferi, V.; Carreras, J. 2009. Lepidópteros asociados al cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Córdoba (Argentina). Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas. 35: 49-58.
37. Foerster L. A., Calderón D. G. R. 1977. Incidence of parasitism in *Epinotia aporema* (Walsingham, 1914) (Lepidoptera: Tortricidae) in soybeans. Dusenía. 10 (4): 237 - 239.
38. García, H.; Ferrarotto, M. 2009. Efecto del déficit hídrico sobre la acumulación de biomasa y nitrógeno en soja (*Glycine max* (L.) Merr.) inoculada con *Bradyrhizobium japonicum*. Revista de la Facultad de Agronomía (Venezuela). 35 (1): 21-27.
39. García y García, A.; Persson, T.; Guerra, L.; Hoogenboom, G. 2010. Response of soybean genotypes to different irrigation regimes in a humid region of the southeastern. Agricultural Water Management. 97 (7): 981-987.
40. Giménez, L. 2014. Efecto de las deficiencias hídricas en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento de soja. Agrociencia (Montevideo). 18 (1): 53-64.
41. Guamán, R.; Peralta, L. 1996. Requerimientos ecológicos. In: Guamán, R. ed. Manual del cultivo de soja no. 32. Guayaquil, Ecuador, INIAP. Estación Experimental Boliche. pp. 27-31.

42. Gutiérrez, C. 2012. Células madre vegetales. *Revista Investigación y Ciencia*. 431: 56- 65.
43. Gutman, G.; Lavarello, P. 2003. La trama de oleaginosas en Argentina. Buenos Aires, Argentina, s.e. 86 p.
44. Grasso, J. P.; Montero, J. 2011. Efecto de diferentes disponibilidades hídricas sobre el rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 56 p.
45. Hicks, D. R.; Pendleton, J. W. 1969. Effect of floral bud removal on performance of soybeans. *Crop Science*. 9 (4): 435-437.
46. Igarzábal, D. 2012. Manejo de oruga bolillera y arañuela en soja. In: Encuentro monitoreo y control. Plagas Malezas y Enfermedades (8º., 2012, Córdoba, Argentina). Trabajos presentados. Córdoba, Argentina, s.e. pp. 6-7.
47. Izquierdo, J. I.; Solans, P.; Vitalle, J. 1994. Parasitoides y depredadores de *Helicoverpa armigera* (Hübner) en cultivos de tomate para consumo en fresco. *Boletín de Sanidad Vegetal*. 20 (2): 521-530.
48. Jallow, M. F.; Matsumara, M. 2001. Influence of temperature on the rate of development of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Applied Entomology and Zoology*. 36 (4): 427-430.
49. Kantolic, A. 2003a. Bases funcionales de la determinación del rendimiento y manejo del cultivo de soja. In: Satorre, E. H. ed. El libro de la soja. Buenos Aires, Servicios y Marketing Agropecuario. pp. 31-44.
50. _____.; Giménez, P. I.; de la Fuente, E. B. 2003b. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. In: Satorre, E. H.; Benech, R. L.; Slafer, G. A.; de la Fuente, E. B.; Miralles, D. J.; Otegui, M. E.; Savin, R. eds. Producción de granos; bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Facultad de Agronomía. pp. 165-201.

51. _____.; Satorre, E. H. 2004. Elementos centrales de ecofisiología del cultivo de soja. In: Díaz-Zorita, M.; Duarte, G. A. eds. Manual práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 19-37.
52. King, E. G.; Powell, J. E.; Smith, J.W. 1981. Prospects for utilization of parasites and predators for management of *Heliothis* Spp. In: International Workshop on *Heliothis* Management (1981, Patancheru). Proceedings. Patancheru, India, International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics. pp. 103-122.
53. Lammers, J. W.; Macleod, A. 2007. Report of a pest risk analysis; *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808). (en línea). York, UK/Ede, NL. 18 p. Consultado 29 abr. 2016. Disponible en <https://secure.fera.defra.gov.uk/phiw/riskRegister/plant-health/documents/helicoverpa.pdf>
54. Liljeström, G.; Rojas, G. 2005. Parasitismo larval de *Crociosema* (= *Epinotia*) *aporema* (Lepidoptera: Tortricidae) en el noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 64 (1-2): 37-44.
55. Ludwig, M. P.; Costa Dutra, L. M.; Zobot, L.; Jauer, A.; Uhry, D.; Farías, J. R.; Losekann, M. E.; Stefanelo, C.; Lucca Filho, O. A. 2007. Efeito da densidade de semeadura e genotipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia. 14 (2): 13-22.
56. Margheritis, A. E.; Rizzo, H. F. E. 1965. Lepidópteros de interés agrícola; orugas, isocas y otras larvas que dañan a los cultivos. Buenos Aires, Sudamericana. 197 p. (Colección El Mundo Agrícola).
57. Massigoge, J.; Ros, F. 2012. Soja de segunda; manejo de grupos según fecha para maximizar el rinde. (en línea). Buenos Aires, INTA. 4 p. Consultado 29 abr. 2016. Disponible en http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_maa_barrow_-_soja_de_segunda.pdf

58. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY) 2007. Encuesta agrícola otoño-invierno 2007. (en línea). Montevideo. 190 p. Consultado 14 ago. 2016 Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2007,O,es,0>,
59. _____.; _____. 2011. Anuario estadístico 2011. (en línea). Montevideo. 246 p. Consultado 14 ago. 2016 Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2011,O,es,0>,
60. _____.; _____. 2013. Anuario estadístico 2013. (en línea). Montevideo. 270 p. Consultado 14 ago. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2013,O,es,0>,
61. Modali, H. 2004. Dry matter accumulation by the start of seed filling as criterion for yield optimization in soybean. Tesis PhD. Hyderabad, India. Acharya N. G. Ranga Agricultural University. 103 p.
62. Morey, C. S. 1972. Biología y morfología larval de *Epinotia aporema* (Wals) (Lepidoptera Olethreutidae). Facultad de Agronomía, Montevideo. Boletín de investigación no. 123. 14 p.
63. Murúa, M. G.; Scalora, F. S.; Navarro, F. R.; Cazado, L. E.; Casmuz, A.; Villagrán, M. E.; Lobos, E.; Gastaminza, G. 2014. First record of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Argentina. Florida Entomologist. 97 (2): 854-856.
64. Navarro, F. R.; Saini, E. D.; Leiva, P. D. 2009. Clave pictórica de polillas de interés agrícola, agrupadas por relación de semejanza. Buenos Aires, Argentina, INTA/Universidad Nacional de Tucumán. 96 p.
65. Otegui, M. E. 2009. Bases ecofisiológicas para el manejo del agua en cultivos para grano conducidos en seco; manejo del agua en cultivos para grano conducidos en seco. Informaciones Agronómicas. 44: 16-20.

66. Panizzi, A. R.; Slansky Jr., F. 1985. Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in Americas. *Florida Entomologist*. 68 (1): 184-214.
67. Parcianello, G.; Costa, J. A.; Pires Fernandes, J. L.; Rambo, L.; Ferreira Gutheil, F. 2003. Rendimiento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. *Ciência Rural*. 33 (3): 405-411.
68. Perotti, E.; Gamundi, J. C.; Crepo, F. 2012. Evaluación del daño simulado de “oruga bolillera” *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar) en estados vegetativos del cultivo de soja. INTA. Para Mejorar la Producción. 48: 137-140.
69. Reed, W. 1965. *Heliothis armigera* Hb. (Noctuidae) in western Tanganyika; I biology with special reference to pupal stage. *Bulletin of Entomological Research*. 56: 117-125.
70. Ribeiro, A.; Stewart, S.; Zerbino, M. S.; Alzugaray, R.; Eilenberg, J. 1996. Agentes de mortalidad natural de *Epinotia aporema* en dos localidades de Uruguay durante 1994. In: Simposio de Controle Biológico (5º., 1996, Foz do Iguazu). Anais. Foz do Iguazu, Brasil, EMBRAPA. p. 38.
71. _____. 2000. Manejo de insectos plaga. In: Zerbino, M. S.; Ribeiro, A. eds. Manejo de insectos plaga en cultivos y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-12 (Serie Técnica no.112).
72. _____.; Castiglioni, E.; Silva, H. 2008. Insectos de la soja en Uruguay; manual ilustrado de reconocimiento de plagas y enemigos naturales. Montevideo, Facultad de Agronomía. 82 p.
73. _____.; Silva, H.; Castiglioni, E.; Bartaburu, S.; Martínez, J. J. 2015. Control natural de *Crociosema (Epinotia) aporema* (Walsingham) (Lepidoptera: Tortricidae) por parasitoides y hongos entomopatógenos en *Lotus corniculatus* y *Glycine max*. *Agrociencia* (Montevideo). 19 (2): 36-41.

74. Rodríguez, H.; De Battista, J.; Arias, N.; García, E.; Sosa, F.; Alaluf, C.; Rocha, M. 2014. Efectos de la reducción de la densidad de siembra en soja. Concepción del Uruguay, INTA. 4 p.
75. Rogers, D. J.; Brier, H. B. 2010a. Pest-damage relationships for *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybean (*Glycine max*) and dry bean (*Phaseolus vulgaris*) during pod-fill. *Crop Protection*. 29: 47–57.
76. _____.; _____. 2010b. Pest-damage relationships for *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on vegetative soybean. *Crop Protection*. 29: 39–46.
77. Rosas, J. C.; Young, R. 1993. El cultivo de la soja. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 61 p.
78. Salinas, A. R.; Zelener, N.; Craviotto, R. M.; Bisaro, V. 1996. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica en el suelo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 31 (5): 331-338.
79. Salvagiotti, F.; Enrico, J. M.; Bordero, M.; Bacigaluppo, S. 2010. Producción de soja y uso eficiente de los recursos. INTA. Para Mejorar la Producción. 45: 151-154.
80. Sánchez, N. E.; Pereyra, P. C. 2008. Neotropical soybean budborer, *Crociosema aporema* (Walsingham, 1914) (Lepidoptera: Tortricidae). In: Capinera, J. L. ed. *Encyclopaedia of entomology*. Gainesville, FL, University of Florida. pp. 2587 - 2588.
81. Santos, D. J. 2009. Tolerancia al déficit hídrico, fijación biológica de nitrógeno y algunos mecanismos que los relacionan en soja. (en línea). Paraná, AR, INTA. 7 p. Consultado 30 abr. 2016. Disponible en <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-tolerancia-al-deficit-hidrico-fijacion-biologica.pdf>
82. Sawchik, J.; Ceretta, S. 2005. Consumo de agua por sojas de distintos grupos de madurez en diferentes ambientes de producción. In: Jornada Técnica de Cultivos de Verano (2005,

La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 41-51 (Actividades de Difusión no. 417).

83. Segrelles Serrano, J. A. 2007. Una reflexión sobre la reciente reorganización de los usos agropecuarios en América. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 27 (1): 125-147.
84. SENASICA. PROVEF (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria, MX). 2014. Gusano de la mazorca *Helicoverpa armigera* (Hübner) 1808 (Lepidoptera: Noctuidae). México, D. F. 23 p. (Ficha Técnica no. 47).
85. Sosa-Gómez, D. R.; Specht, A.; Paula-Moraes, S. V.; Lopes-Lima, A.; Yano, S. A.; Micheli, A.; Botton, M. 2015. Timeline and geographical distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae: Heliiothinae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomología*. 60: 101-104.
86. Sullivan, M.; Jones, E. 2010. Corn commodity-based survey guideline. (en línea). Riverdale, USA. 88 p. Consultado 6 abr. 2016. Disponible en <http://download.ceris.purdue.edu/file/607>
87. Szwarc, D. E. 2014. *Helicoverpa armigera*, una plaga que amenaza nuestros cultivos agrícolas; una nueva especie preocupa a instituciones, investigadores, empresas y productores. *Revista Voces y Ecos*. 32: 22-25.
88. Tancredi, F. D.; Sedyama, T.; Reis, M. S.; Cecon, P. R.; De Cassia Teixeira, R. 2008. Influência da remoção do meristema apical sobre os componentes de produtividade em populações de plantas de soja. *Maringá*. 26 (1): 113-119.
89. Toledo, R. E. 2015. Cultivo de soja en la región centro-norte de Córdoba, Argentina. Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrarias. 27 p.
90. Urretabizkaya, N.; Vasicek, A.; Saini, E. 2010. Familia Noctuidae. In: Urretabizkaya, N.; Vasicek, A.; Saini, E. eds. *Insectos perjudiciales de importancia agronómica; lepidópteros*. Buenos Aires, INTA. pp. 48-49.

91. USDA (United States Department of Agriculture, US). 2016. World agricultural demand and supply estimates no. 558. (en línea). Riverdale, USA. 40 p. Consultado 14 jun. 2016. Disponible en <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>
92. Vega, C. R. C.; Andrade, F. H. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. In: Andrade, F. H.; Sadras, V. O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana. pp. 97-133.
93. Zerbino, M. S.; Alzugaray, R. 1991a. *Epinotia aporema* Wals. en semilleros de leguminosas forrajeras. In: Indarte, E.; Restaino, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo, INIA. pp. 31 - 41 (Serie Técnica no. 15).
94. _____.; _____. 1991b. Epinotia en cultivos de leguminosas. INIA. Hoja de Divulgación no. 23. 5 p.
95. _____.; _____. 1994. Plagas. In: Giménez, A.; Restaino, E. eds. Girasol y soja; algunos aspectos tecnológicos de producción para el litoral oeste de Uruguay. Montevideo, INIA. pp. 119-124 (Boletín de Divulgación no. 47).
96. _____. 2008. Plagas iniciales en cultivos de soja y sorgo. In: Jornada de Cultivos de Verano (2008, Young, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 10-17 (Actividades de Difusión no. 550).

9. ANEXOS

Anexo 1. Estación experimental “Dr. Mario A. Cassinoni”, Paysandú, Uruguay.
Ubicación y orientación del invernáculo



: Ubicación del invernáculo dentro de la estación experimental.

Anexo 2. Recipientes contenedores y macetas



Anexo 3. Croquis del ensayo

50	1	50% AL	50	2	50% AL	0	1	ANL	50	2	ANL
100	2	ANL	0	2	AL	100	2	ANL	100	1	ANL
100	1	50% AL	0	2	ANL	50	1	50% AL	50	1	ANL
100	1	ANL	100	1	ANL	100	1	50% AL	0	2	ANL
0	1	AL	100	1	AL	0	2	AL	50	2	50% AL
50	2	50% AL	100	2	ANL	50	1	AL	0	2	50% AL
50	1	AL	100	2	50% AL	0	2	50% AL	100	1	50% AL
50	1	ANL	0	1	AL	50	1	ANL	0	1	AL
50	2	ANL	50	1	AL	100	1	ANL	50	1	50% AL
0	2	AL	50	2	AL	0	1	50% AL	50	2	AL
0	1	50% AL	100	2	AL	100	1	AL	100	2	AL
0	2	ANL	0	1	ANL	0	2	ANL	100	2	ANL
100	2	50% AL	50	2	ANL	50	2	50% AL	50	1	AL
100	2	AL	50	1	ANL	100	2	AL	0	1	50% AL
0	2	50% AL	0	2	50% AL	50	2	AL	100	1	AL
50	2	AL	100	1	50% AL	50	2	ANL	0	1	ANL
0	1	ANL	0	1	50% AL	100	2	50% AL	100	2	50% AL
100	1	AL	50	1	50% AL	0	1	AL	0	2	AL
I.D.	Pl.	R.H.									
D			C			B			A		

I.D.: Intensidad de daño, pl.: número de plantas por maceta, R.H.: régimen hídrico. Las letras al final de las columnas son los nombres de los bloques (A, B, C, D).

Anexo 4. Aspecto de las plantas con régimen hídrico de agua limitante el día 11 de enero (5 días después de comenzado el tratamiento de riego)



Anexo 5. Aspecto de las plantas con régimen hídrico de agua 50% limitante el día 11 de enero (5 días después de comenzado el tratamiento de riego)



Anexo 6. Aspecto de las plantas con régimen hídrico de agua no limitante el día 11 de enero (5 días después de comenzado el tratamiento de riego)



Anexo 7. Vista general de las plantas el día 10 de marzo de 2015 (10 días después de finalizado el tratamiento de regímenes hídricos diferenciales)



Anexo 8. 11 de febrero de 2015 estrés adicional (escala visual para conformar la covariable incluida en el modelo)



Aspecto de las plantas en general.

Anexo 9. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): rendimiento (g/planta)

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
Rendimiento (g/pl)	108,00	0,70	0,62	26,43		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	21540,58	21	1025,74	9,34	<0,0001	
Bloque	374,99	3	125	1,14	0,3384	
Régimen hídrico	521,87	2	260,93	2,38	0,099	
Intensidad de daño (%)	249,89	2	124,94	1,14	0,3254	
Competencia	17716,08	1	17716,08	161,28	<0,0001	
Covariable	945,25	1	945,25	8,61	0,0043	-0,11
R.H*I.D. (%)	287,55	4	71,89	0,65	0,6253	
R.H.*Comp.	30,05	2	15,03	0,14	0,8723	
I.D. (%)*Comp.	52,53	2	26,26	0,24	0,7879	
R.H.*I.D (%)*Comp.	523,48	4	130,87	1,19	0,3204	
Error	9446,59	86	109,84			
Total	30987,17	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 10. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de granos/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. granos/planta	108,00	0,72	0,65	26,23		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	832705,8	21	39652,65	10,41	<0,0001	
Bloque	11118,2	3	3706,07	0,97	0,4095	
Régimen hídrico	7199,25	2	3599,63	0,94	0,3928	
Intensidad de daño (%)	16768,79	2	8384,4	2,2	0,1169	
Competencia	643762	1	643762	168,97	<0,0001	
Covariable	53061,07	1	53061,07	13,93	0,0003	-0,86
R.H*I.D. (%)	6736,5	4	1684,12	0,44	0,7779	
R.H.*Comp.	468,54	2	234,27	0,06	0,9404	
I.D. (%)*Comp.	680,66	2	340,33	0,09	0,9146	
R.H.*I.D (%)*Comp.	21882,9	4	5470,72	1,44	0,2291	
Error	327657,9	86	3809,98			
Total	1160364	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 11. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. promedio de nudos en tallo principal

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. nudos en el tallo ppal./pl.	108,00	0,62	0,52	19,38		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	1046,85	21	49,85	6,62	<0,0001	
Bloque	38,65	3	12,88	1,71	0,1707	
Régimen hídrico	47,8	2	23,9	3,17	0,0468	
Intensidad de daño (%)	292,78	2	146,39	19,44	<0,0001	
Competencia	8,27	1	8,27	1,1	0,2975	
Covariable	40,57	1	40,57	5,39	0,0226	-0,02
R.H.*I.D. (%)	73,69	4	18,42	2,45	0,0524	
R.H.*Comp.	104,17	2	52,09	6,92	0,0016	
I.D. (%)*Comp.	63,16	2	31,58	4,19	0,0183	
R.H.*I.D. (%)*Comp.	35,75	4	8,94	1,19	0,3223	
Error	647,48	86	7,53			
Total	1694,32	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 12. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. promedio de nudos en ramas primarias

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. nudos en ramas primarias/pl.	108,00	0,52	0,40	24,48		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	18905	21	900,24	4,43	<0,0001	
Bloque	1012,25	3	337,42	1,66	0,1812	
Régimen hídrico	267,17	2	133,59	0,66	0,5205	
Intensidad de daño (%)	1072,3	2	536,15	2,64	0,0771	
Competencia	9708,07	1	9708,07	47,81	<0,0001	
Covariable	2248,62	1	2248,62	11,07	0,0013	-0,18
R.H.*I.D. (%)	692,48	4	173,12	0,85	0,4958	
R.H.*Comp.	88,79	2	44,39	0,22	0,8041	
I.D. (%)*Comp.	152,88	2	76,44	0,38	0,6874	
R.H.*I.D. (%)*Comp.	258,5	4	64,62	0,32	0,865	
Error	17461,1	86	203,04			
Total	36366,1	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 13. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de nudos en ramas secundarias/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. nudos en ramas secundarias/pl.	108,00	0,6 1	0,52	65,3 6		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	31466,2	20	1573,31	6,89	<0,000 1	
Bloque	596,77	3	198,92	0,87	0,4593	
Régimen hídrico	3676,12	2	1838,06	8,05	0,0006	
Intensidad de daño (%)	3910,48	2	1955,24	8,56	0,0004	
Competencia	20807,4 1	1	20807,4 1	91,1 3	<0,000 1	
R.H.*I.D. (%)	1264,91	4	316,23	1,38	0,2458	
R.H.*Comp.	705,79	2	352,89	1,55	0,219	
I.D. (%)*Comp.	580,48	2	290,24	1,27	0,2857	
R.H.*I.D. (%)*Comp.	1045,24	4	261,31	1,14	0,3411	
Error	19865,2 3	87	228,34			
Total	51331,4 4	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, pl.: planta.

Anexo 14. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. total de nudos/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. total de nudos/pl.	108,00	0,67	0,59	22,06		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	76741,66	21	3654,36	8,24	<0,0001	
Bloque	2723,43	3	907,81	2,05	0,1134	
Régimen hídrico	3584,19	2	1792,1	4,04	0,0211	
Intensidad de daño (%)	90,28	2	45,14	0,1	0,9034	
Competencia	60660,57	1	60660,57	136,73	<0,0001	
Covariable	1569,91	1	1569,91	3,54	0,0633	-0,15
R.H.*I.D. (%)	1794,66	4	448,67	1,01	0,4062	
R.H.*Comp.	543,57	2	271,78	0,61	0,5443	

I.D. (%)*Comp.	1862,45	2	931,23	2,1	0,1288
R.H.*I.D (%)*Comp.	1770,13	4	442,53	1	0,4135
Error	38155,33	86	443,67		
Total	114896,99	107			

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 15. Efecto de la interacción nivel de competencia con intensidad de daño para la variable no. de nudos en el tallo principal

Intensidad de daño (%)	0	50	100
Sin competencia	16,01 ab	13,44 bc	14,2 bc
Con competencia	17,66 a	12,52 c	11,71 c

Medias seguidas por igual letra no difieren significativamente con $p=0,0183$.

Anexo 16. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de ramas primarias/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV	
No. ramas primarias/pl.	108,00	0,26	0,09	23,26	
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	178,41	20	8,92	1,54	0,0885
Bloque	16,41	3	5,47	0,94	0,4232
Régimen hídrico	14,19	2	7,1	1,22	0,2989
Intensidad de daño (%)	0,75	2	0,38	0,06	0,9374
Competencia	97,34	1	97,34	16,8	0,0001
R.H.*I.D. (%)	2,72	4	0,68	0,12	0,976
R.H.*Comp.	11,45	2	5,73	0,99	0,3764
I.D. (%)*Comp.	9,45	2	4,73	0,82	0,4457
R.H.*I.D (%)*Comp.	23,8	4	5,95	1,03	0,3983
Error	504,22	87	5,8		
Total	682,63	107			

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, pl.: planta.

Anexo 17. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de ramas secundarias/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de ramas secundarias/pl.	108,00	0,57	0,46	64,99		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	1875,82	21	89,32	5,4	<0,0001	
Bloque	18,15	3	6,05	0,37	0,778	
Régimen hídrico	72,79	2	36,4	2,2	0,1170	
Intensidad de daño (%)	105,29	2	52,64	3,18	0,0464	
Competencia	1185,5	1	1185,5	71,65	<0,0001	
Covariable	98,08	1	98,08	5,93	0,017	0,04
R.H.*I.D. (%)	59,33	4	14,83	0,9	0,4697	
R.H.*Comp.	86,67	2	43,33	2,62	0,0787	
I.D. (%)*Comp.	51,3	2	25,65	1,55	0,2181	
R.H.*I.D (%)*Comp.	50,89	4	12,72	0,77	0,5483	
Error	1422,92	86	16,55			
Total	3298,74	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 18. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de ramas totales/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de Ramas totales/planta	108,00	0,58	0,49	28,73		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	2793,56	20	139,68	6,13	<0,0001	
Bloque	51,89	3	17,3	0,76	0,52	
Régimen hídrico	344,04	2	172,02	7,55	0,0009	
Intensidad de daño (%)	185,95	2	92,98	4,08	0,0202	
Competencia	1908,17	1	1908,17	83,75	<0,0001	
R.H.*I.D. (%)	16,44	4	4,11	0,18	0,948	
R.H.*Comp.	31,44	2	15,72	0,69	0,5043	
I.D. (%)*Comp.	71,03	2	35,51	1,56	0,2162	
R.H.*I.D (%)*Comp.	146,03	4	36,51	1,6	0,1809	
Error	1982,11	87	22,78			
Total	4775,67	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, pl.: planta.

Anexo 19. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): altura de planta (cm)

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
Altura de pl. (cm)	108	0,7	0,63	14,47		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	9401,55	21	447,69	9,75	<0,0001	
Bloque	407,51	3	135,84	2,96	0,0368	
Régimen hídrico	78,95	2	39,47	0,86	0,427	
Intensidad de daño (%)	2923,84	2	1461,92	31,83	<0,0001	
Competencia	148,09	1	148,09	3,22	0,0761	
Covariable	1246,55	1	1246,55	27,14	<0,0001	-0,13
R.H.*I.D. (%)	81,29	4	20,32	0,44	0,7775	
R.H.*Comp.	32,55	2	16,27	0,35	0,7026	
I.D. (%)*Comp.	63,1	2	31,55	0,69	0,5058	
R.H.*I.D (%)*Comp.	208,48	4	52,12	1,13	0,3455	
Error	3949,45	86	45,92			
Total	13351	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 20. Aspecto “candelabro” de planta con 100% intensidad de daño



Anexo 21. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de vainas de una semilla/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de vainas de 1 semilla/pl.	108	0,58	0,48	46,84		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	15892,81	21	756,8	5,66	<0,0001	
Bloque	2054,79	3	684,93	5,12	0,0026	
Régimen hídrico	1098,13	2	549,06	4,1	0,0198	
Intensidad de daño (%)	57,96	2	28,98	0,22	0,8057	
Competencia	6720,63	1	6720,63	50,23	<0,0001	
Covariable	1722,1	1	1722,1	12,87	0,0006	-0,15
R.H.*I.D. (%)	1606,09	4	401,52	3	0,0227	
R.H.*Comp.	1360,48	2	680,24	5,08	0,0082	
I.D. (%)*Comp.	54,36	2	27,18	0,2	0,8165	
R.H.*I.D (%)*Comp.	1272,01	4	318	2,38	0,0581	
Error	11506,1	86	133,79			
Total	27398,92	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 22. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de vainas de dos semilla/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de vainas de 2 semilla/pl.	108	0,72	0,66	27,07		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	37642,81	21	1792,51	10,76	<0,0001	
Bloque	1760,77	3	586,92	3,52	0,0184	
Régimen hídrico	1310,97	2	655,48	3,93	0,0232	
Intensidad de daño (%)	647	2	323,5	1,94	0,1497	
Competencia	25072,02	1	25072,02	150,48	<0,0001	
Covariable	4670,6	1	4670,6	28,03	<0,0001	-0,25
R.H.*I.D. (%)	623,47	4	155,87	0,94	0,4474	
R.H.*Comp.	710,73	2	355,37	2,13	0,1247	
I.D. (%)*Comp.	223,96	2	111,98	0,67	0,5133	
R.H.*I.D (%)*Comp.	622,89	4	155,72	0,93	0,4479	
Error	14328,49	86	166,61			
Total	51971,3	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 23. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de vainas de tres semilla/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de vainas de 3 semillas/pl.	108	0,61	0,52	35,34		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	23873,84	20	1193,69	6,9	<0,0001	
Bloque	303,93	3	101,31	0,59	0,6261	
Régimen hídrico	321,68	2	160,84	0,93	0,3986	
Intensidad de daño (%)	1013,51	2	506,75	2,93	0,0588	
Competencia	17821,5	1	17821,5	102,99	<0,0001	
R.H.*I.D. (%)	1072,71	4	268,18	1,55	0,195	
R.H.*Comp.	1292,86	2	646,43	3,74	0,0278	
I.D. (%)*Comp.	31,03	2	15,51	0,09	0,9143	
R.H.*I.D (%)*Comp.	1527,86	4	381,97	2,21	0,0747	
Error	15054,82	87	173,04			
Total	38928,67	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, pl.: planta.

Anexo 24. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de vainas de más de tres semilla/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de vainas de más de 3 semillas/pl.	108	0,24	0,06	154,55		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	52,25	20	2,61	1,36	0,1675	
Bloque	4,25	3	1,42	0,74	0,5338	
Régimen hídrico	5,01	2	2,5	1,3	0,2778	
Intensidad de daño (%)	1,68	2	0,84	0,43	0,6487	
Competencia	3,89	1	3,89	2,02	0,1587	
R.H.*I.D. (%)	19,91	4	4,98	2,58	0,0426	
R.H.*Comp.	2,68	2	1,34	0,69	0,5021	
I.D. (%)*Comp.	3,9	2	1,95	1,01	0,3679	
R.H.*I.D (%)*Comp.	10,57	4	2,64	1,37	0,2503	
Error	167,63	87	1,93			
Total	219,88	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, pl.: planta.

Anexo 25. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de vainas totales/planta

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV		
No. de vainas totales/pl.	108	0,73	0,67	25,39		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo	188762,3	21	8988,68	11,19	<0,0001	
Bloque	7165,33	3	2388,44	2,97	0,0362	
Régimen hídrico	3272,63	2	1636,32	2,04	0,1367	
Intensidad de daño (%)	3141,38	2	1570,69	1,96	0,1478	
Competencia	139415,3	1	139415,3	173,54	<0,0001	
Covariable	16536,91	1	16536,91	20,58	<0,0001	-0,48
R.H.*I.D. (%)	1842,73	4	460,68	0,57	0,6826	
R.H.*Comp.	1331,5	2	665,75	0,83	0,4401	
I.D. (%)*Comp.	45,83	2	22,92	0,03	0,9719	
R.H.*I.D (%)*Comp.	3260,05	4	815,01	1,01	0,4045	
Error	69088,86	86	803,36			
Total	257851,2	107				

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, Coef: coeficiente de la covariable.

Anexo 26. Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III): no. de granos/vaina

Variable	n	R ²	R ² Aj	CV	
No. de granos/vaina.	108	0,44	0,31	9,49	
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,71	20	0,14	3,37	<0,0001
Bloque	0,56	3	0,19	4,62	0,0048
Régimen hídrico	0,37	2	0,19	4,65	0,0121
Intensidad de daño (%)	0,01	2	0,01	0,13	0,8748
Competencia	0,01	1	0,01	0,36	0,5496
R.H.*I.D. (%)	0,43	4	0,11	2,69	0,0365
R.H.*Comp.	0,57	2	0,29	7,14	0,0013
I.D. (%)*Comp.	0,02	2	0,01	0,28	0,7538
R.H.*I.D. (%)*Comp.	0,19	4	0,05	1,18	0,3253
Error	3,49	87	0,04		
Total	6,2	107			

Comp.: competencia, R.H.: régimen hídrico, I.D (%): intensidad de daño, n: número de observaciones, CV: coeficiente de variación, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad, pl.: planta.

Anexo 27. Contraste ortogonal para la interacción entre intensidad de daño y competencia para la variable no. de nudos en el tallo principal/planta

Significancia de los contrastes

	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste 1	5,95	0,9	327,45	1	327,45	43,49	<0,0001
Contraste 2	1,81	1,12	19,63	1	19,63	2,61	0,1101
Contraste 3	-4,32	1,38	74,47	1	74,47	9,89	0,0023
Contraste 4	-3,33	1,94	22,07	1	22,07	2,93	0,0905
Total			431,2	4	107,8	14,32	<0,0001

E.E: error estándar, SC: suma de cuadrados, gl: grados de libertad, CM: cuadrados medios.

Coefficiente de los contrastes

I.D (%)*Comp.	CT*1	CT*2	CT*3	CT*4
0 : CON	1	0	-1	0
0 : SIN	0	1	0	-1
50 : CON	0	0	2	0
50 : SIN	0	0	0	2
100 : CON	-1	0	-1	0
100 : SIN	0	-1	0	-1

Comp.: competencia, I.D (%): intensidad de daño, CT*: Contraste.

Anexo 28. Significancia y coeficientes de regresión para la correlación entre no. de vainas totales y no. de granos por vaina (AL)

Variable 1	Variable 2	n	Pearson	p-valor
No. de vainas/planta	No. de vainas /planta	36	1	<0,0001
No. de vainas/planta	No. de granos/planta	36	-0,34	0,0418

n: número de observaciones.

Anexo 29. Significancia y coeficientes de regresión para la correlación entre no. de vainas totales y no. de granos por vaina (50% AL)

Variable 1	Variable 2	n	Pearson	p-valor
No. de vainas/planta	No. de vainas /planta	36	1	<0,0001
No. de vainas/planta	No. de granos/planta	36	-0,28	0,1

n: número de observaciones.

Anexo 30. Significancia y coeficientes de regresión para la correlación entre no. de vainas totales y no. de granos por vaina (ANL)

Variable 1	Variable 2	n	Pearson	p-valor
No. de vainas/planta	No. de vainas /planta	36	1	<0,0001
No. de vainas/planta	No. de granos/planta	36	0,43	0,0093

n: número de observaciones.

Anexo 31. Significancia y coeficientes de regresión para la correlación entre peso de granos y rendimiento

Correlación de Pearson				
Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Rendimiento	Rendimiento	107	1	<0,0001
Rendimiento	Peso de grano	1,06E+02	0,03	0,7262

n: número de observaciones.

Análisis de la varianza para la correlación entre peso de granos y rendimiento

Variable	n	R2	R2AJ	p-valor	
Rendimiento	106	0,0012	0		
Fuente de Variación	SC	gl	CM	F	0,7265
Modelo.	34,34	1	34,34	0,12	0,7265
Peso de grano	34,34	1	34,34	0,12	
Error	28968,36	104	278,54		
Total	29002,71	105			

n: número de observaciones, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, gl: grados de libertad.

Anexo 32. Significancia del modelo lineal plateau para la regresión entre no. de granos y rendimiento

Modelo lineal-plateau.

$$Y = \alpha + (\beta_1 * X) * (X < \gamma) + (\beta_1 * \gamma) * (X \geq \gamma)$$

Variable	n	CMEE	Sigma a	AIC	BIC	Iteració n		
Rend.	108	21,76	4,66	644,0 9	654,8 2	3		
Param.	Cota inf.	Cota sup.	Val.Ini	Estim.	E.E.	T	p-valor	
ALFA	- 1,00E+30	1,00E+3 0	4,91	0,07	1,33	0,05	0,9593	
BETA1	- 1,00E+30	1,00E+3 0	0,18	0,17	0,01	29,12	<0,000 1	
GAMMA A	- 1,00E+30	1,00E+3 0	210	399,8 5	10,8	37,02	<0,000 1	

Rend.: rendimiento, Param.: parámetros, Inf.: inferior, Sup.: superior, Val.ini: validación inicial, Estim.: estimación, E.E.: error estándar, n: número de observaciones, CMEE: cuadrado medio del error.

Matriz de correlación de las estimaciones.

	ALFA	BETA1	GAMMA
ALFA	1	-0,93	0,47
BETA1	-0,93	1	-0,6
GAMMA	0,47	-0,6	1