

Artículo científico

Determinación de parámetros de desarrollo en estados inmaduros de *Spodoptera cosmioides* (Walker) criadas en dos sustratos diferentes**Determination of developmental parameters of immature stages of *Spodoptera cosmioides* (Walker) reared on two different substrates**A.L. Zamora Belli^{1*}; P.G. Páez Jerez^{1,2}; F.D. García Mendez¹; M.T. Vera^{1,2}; M.H. de la Vega¹¹ Cátedra Terapéutica Vegetal, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán (FAZ-UNT). Florentino Ameghino S/N, El Manantial (T4104AUD), Tucumán, Argentina.² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina. *E-mail: analuciazamorabelli@gmail.com**Resumen**

El uso de soja Bt resultó en un avance importante en el control de plagas que afectan este cultivo. Sin embargo, en los últimos años se observó un incremento del daño producido por especies de lepidópteros no blanco de esta tecnología; entre ellas *Spodoptera cosmioides* (Walker). Este trabajo analizó el desarrollo de estados inmaduros de *S. cosmioides* criada en dos sustratos diferentes: *Amaranthus* spp. y soja Bt. Se utilizaron larvas recién eclosionadas de la F1 obtenida de recolecciones en campos comerciales de soja Bt en la provincia de Tucumán, Argentina. Para cada sustrato se partió de 100 larvas que fueron seguidas a lo largo de su desarrollo en forma individual. Diariamente se registró la ocurrencia de mudas y se conservaron las cápsulas cefálicas para su medición. Una vez completado el estado de pupa se pesaron las mismas y se determinó el sexo. Con el número de adultos obtenidos se determinó la viabilidad del estado de pupa. La duración de los estadios larvales, presentó diferencias estadísticamente significativas para los estadios de L2, L6 y L7. En su conjunto, la duración del estado larval fue más lento en soja Bt; que a su vez, presentó estadios adicionales. El ancho de las cápsulas cefálicas mostró diferencias estadísticamente significativas en L2 y L5. Las pupas provenientes de larvas alimentadas con soja Bt fueron más livianas que las de *Amaranthus* spp. Para la duración del estado de pupa las diferencias fueron estadísticamente no significativas. No se observaron diferencias estadísticamente significativas atribuibles al sustrato para relación de sexos y para el análisis de sobrevida (Kaplan-Meier). Los resultados muestran que la soja Bt resulta un sustrato menos apropiado para el desarrollo de *S. cosmioides* que *Amaranthus* spp.

Palabras clave: Planta huésped; Desarrollo larval; Sobrevida; Soja Bt.**Abstract**

The use of Bt soybean resulted in an important advance in the control of pests that affect this crop. However, in recent years there has been an increase in damage caused by lepidopteran species not targeted by this technology; among them *Spodoptera cosmioides* (Walker). This work analyzed the development of immature stages of *S. cosmioides* reared on two different substrates: *Amaranthus* spp. and Bt soybean. Newly hatched larvae of the F1 obtained from collections in commercial fields of Bt soybean in the province of Tucumán, Argentina were used. For each substrate, 100 larvae were reared individually throughout their development. The occurrence of molts was recorded daily and the cephalic capsules were kept for measurement. Once the pupal stage was completed, pupae were weighed and the sex was determined. With the number of adults obtained, the viability of the pupal stage was determined. The duration of the larval stadium presented statistically significant differences for the L2, L6 and L7 stadiums. Overall, the length of the larval stage was slower in Bt soybean; which, in turn, featured additional stadiums. The width of the cephalic capsules showed statistically significant differences in L2 and L5. The pupae from larvae fed Bt soybean were lighter than those of *Amaranthus* spp. For the duration of the pupal stage the differences were not statistically significant. There were no statistically significant differences attributable to the substrate for the sex ratio and for the survival analysis (Kaplan-Meier). The results show that Bt soybean are a less appropriate substrate for the development of *S. cosmioides* than *Amaranthus* spp.

Keywords: Host plant; Larval development; Survival; Bt soybean.**Introducción**La soja, *Glycine max* L., es uno de los cultivos

que más sufre ataques de plagas animales, principalmente insectos (Aragón, 2002). Dentro de las plagas insectiles, este cultivo es atacado por una

Recibido: 01/07/2020; Aceptado: 20/11/2020.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

gran diversidad de especies de larvas de lepidópteros conocidos como orugas defoliadoras tanto durante el período vegetativo como reproductivo. El principal daño que causan es la pérdida del área foliar lo cual incide en el rendimiento debido a la menor interceptación de luz, menor capacidad fotosintética, pérdida del material almacenado en la hoja y acortamiento del periodo de llenado de granos (Board *et al.*, 2011). Esta situación ubica a la soja como el cultivo que requiere más insecticidas para su protección dentro de los cereales (maíz, *Zea mays* L. y trigo, *Triticum aestivum* L.) y las oleaginosas (girasol, *Helianthus annuus* L. y colza, *Brassica napus* L.).

Como consecuencia, el desarrollo tecnológico para el control de plagas en este cultivo se ha profundizado. Un avance importante en los últimos años es el empleo de soja genéticamente modificada para expresar proteínas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Berliner 1915) para controlar algunas especies plaga. La soja Bt es una variedad que combina los eventos de transformación MON 87701 (que expresa la proteína Cry1Ac) y MON 89788 (tolerancia al glifosato) (Monsanto 2019). En la actualidad, este evento, controla plagas primarias como la oruga medidora (*Rachiplusia nu* Guenée), la falsa medidora (*Chrysodeixis includens* Walker), la oruga bolillera (*Helicoverpa gelotopoeon* Dyar), la oruga de las leguminosas (*Anticarsia gemmatalis* H.) y otras de menor importancia (Urretabizkaya *et al.*, 2010, Bernardi *et al.*, 2012; 2014; Pomari *et al.*, 2012). En Argentina, esta tecnología es de reciente incorporación en el mercado y su uso se está extendiendo año a año (Ybran y Lacelli, 2016). Es así como en la campaña 2018-2019 según datos del Sistema de Información Simplificado Agrícola (SISA) y el Catálogo de INASE (2019), más del 15 % de la superficie sembrada con soja en Argentina correspondió a variedades con el evento Bt.

Las plantas Bt son muy eficaces para evitar daños de sus plagas objetivo (dominantes en el nicho agro-ecológico), produciendo la disminución poblacional de las mismas. Este hecho, sumado a la reducción en el uso de insecticidas consecuencia de la adopción de esta tecnología y al posible efecto de estas plantas sobre los controladores biológicos de ciertas plagas, podría favorecer la ocurrencia de plagas no blanco de la tecnología Bt. Estas especies podrían aumentar su nivel poblacional y convertirse en plagas clave del cultivo (Bernardi *et al.*, 2014).

En los últimos años, la ocurrencia de orugas del género *Spodoptera* está en aumento en el cultivo de soja, coincidiendo este incremento con el uso de la tecnología Bt (Vera *et al.*, 2018). Entre las especies más frecuentes, podemos mencionar *Spodoptera cosmioides* (Walker), vulgarmente denominada como oruga del yuyo colorado u oruga militar grande. Esta especie es muy polífaga, afecta plantas cultivadas y malezas, y consume tanto estructuras vegetativas como reproductivas, lo que contribuye a su rápida adaptación a diferentes agroecosistemas causando daños en cultivos de importancia económica (Silva *et al.*, 2016; Vera *et al.*, 2018). Se la puede encontrar a menudo en cultivos de interés económico como: soja, maíz, arroz (*Oryza sativa* L.), girasol, sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), algodón (*Gossypium* spp.), maní (*Arachis hypogaea* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), avena (*Avena sativa* L.), hortalizas, ornamentales y otras. En Argentina, ha sido citada en las provincias de Chaco, Tucumán, Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires (Kahl *et al.*, 2016). En Brasil, fue recién luego de la adopción de la tecnología Bt que se observaron brotes poblacionales importantes de esta especie tanto en soja como en algodón (Luz *et al.*, 2018; Conte *et al.*, 2019).

La calidad nutricional de los alimentos es muy importante en los insectos fitófagos para su desarrollo y reproducción. Es por ello que su comportamiento y movilidad entre hospedantes estará determinada por la búsqueda y obtención de la cantidad adecuada de los nutrientes necesarios para su desarrollo y supervivencia (da Silva *et al.*, 2017). Para el caso de larvas con poca movilidad, el sustrato en donde la hembra coloque los huevos será clave para el desarrollo de la progenie (da Silva *et al.*, 2017). Cuando el sustrato no es óptimo a nivel nutricional, lo que se observa es un mayor número de estadios larvales. Es así como la planta hospedante utilizada como sustrato alimenticio en la etapa larval afecta los atributos biológicos de los adultos (Pashley *et al.*, 1995; Awmack y Leather, 2002) y puede influir, por lo tanto, en la dinámica poblacional de las especies. Si bien este efecto en el desarrollo es más visible en insectos monófagos está demostrado en muchas ocasiones en insectos polífagos como *S. cosmioides* (Bavaresco *et al.*, 2002, 2003, 2004; Cabezas *et al.*, 2013).

Es así como resulta necesario conocer aspectos básicos de la biología de esta especie, tales como el tiempo de desarrollo, la fecundidad y la mortalidad asociados a la planta huésped y cultivos de

interés, a fin de determinar el impacto que puede generar en los niveles poblacionales de esta especie de lepidóptero la adopción masiva de soja Bt y contribuir a implementar estrategias de control eficientes en el marco de un manejo integrado de plagas en el cultivo. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue determinar parámetros de desarrollo de estados inmaduros de *S. cosmioides* criada en dos sustratos diferentes: *Amaranthus* spp. y soja Bt de una primera generación de individuos obtenidos del campo.

Materiales y métodos

Recolección de insectos

Para establecer una cría experimental de *S. cosmioides*, se realizaron recolecciones en campos comerciales de soja Bt en Tucumán, Argentina. Se ubicaron lotes con presencia de *S. cosmioides* y se procedió a recolectar larvas con la ayuda de paños verticales (más de 300 larvas). Las larvas se colocaron en cajas de Petri con hojas del cultivo como sustrato temporal, las cuales fueron acondicionadas en conservadoras refrigeradas y se trasladaron para su posterior cría en el laboratorio.

Cría en laboratorio

La cría se mantuvo en los Laboratorios de Terapéutica Vegetal (Facultad de Agronomía y Zootecnia-Universidad Nacional de Tucumán) con temperatura ($25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$), humedad relativa ($80\% \pm 10\%$) y fotoperíodo (12 h luz y 12 h oscuridad) controlados. Las larvas traídas del campo fueron acondicionadas en forma individual en cajas de Petri con hojas de soja Bt hasta que completaron el desarrollo y se formó la pupa. Las pupas obtenidas fueron colocadas en una jaula de cría revestida con papel sulfito como sustrato para la oviposición. Los adultos fueron alimentados con una solución de miel al 10 % embebida en algodón y colocada sobre un recipiente de plástico. Una vez que se produjeron las cópulas, se recolectaron las posturas, que fueron colocadas en cajas de Petri hasta la obtención de neonatas, las cuales fueron utilizadas para los bioensayos.

Obtención de plantas para los bioensayos

Para la alimentación de las larvas se utilizaron dos sustratos: hojas de soja Bt y hojas de *Amaranthus* spp. Las hojas de soja Bt se obtuvieron de plantas de la variedad M6410 IPRO sembradas

en macetas de plástico negro de 1 L de capacidad. Una vez que las plantas alcanzaron un tamaño de 30-40 cm o más de 4 hojas, se cortaron las hojas en trozos de aproximadamente 1 cm x 3 cm para luego ser utilizadas para alimentar a las larvas. Las hojas de *Amaranthus* spp. se recolectaron de plantas que crecían en el predio de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Finca El Manantial, sin ningún tipo de manejo agronómico. Al igual que en soja, se cortaron las hojas en trozos de aproximadamente 1 cm x 3 cm para alimentar a las larvas.

Determinación de la duración de los estadios larvales

Para determinar la duración de los estadios larvales, se utilizaron neonatas de *S. cosmioides* a partir de huevos de los adultos obtenidos de las larvas recolectadas a campo. Se trabajó con una cohorte de 200 larvas, 100 para cada sustrato, las cuales se acondicionaron de forma individual en tubos de ensayos con tapón de algodón y el sustrato correspondiente durante los primeros estadios larvales. Para los últimos estadios larvales se las colocó en cajas de Petri debido a su mayor tamaño. La ocurrencia de mudas y mortalidad larval fue registrada diariamente en cada tubo o caja de Petri. Mediante microscopio estereoscópico se buscó la presencia de la cápsula cefálica en el tubo de ensayos o caja de Petri como indicio que la larva había mudado (Zenker *et al.*, 2007). Una submuestra de las cápsulas cefálicas para cada uno de los estadios larvales y sustratos se conservó para posterior medición. Las hojas se cambiaron cada 48 horas. Se consideró finalizado el estado de larva cuando la misma dejó de alimentarse y de moverse y entró en un estado de aletargamiento, definido a veces como pre-pupa (Specht y Roque-Specht, 2016).

Determinación de la masa pupal y duración del estado de pupa

La duración del estado de pupa se determinó como el tiempo transcurrido desde el inicio de formación de la pupa hasta la emergencia de adultos. Las pupas obtenidas de los bioensayos fueron pesadas con una balanza de precisión a las 48 h y se determinó el sexo mediante observación de las aperturas genitales. Esto fue posible debido al dimorfismo sexual que presentan las pupas (Specht y Roque-Specht, 2016). Una vez determinado el sexo se las colocaron en forma individual en recipientes plásticos (1 L) tapados con *voile* suje-

tado con bandas elásticas hasta la emergencia del adulto.

Determinación del porcentaje de emergencia de adultos y relación de sexos

El número de adultos emergidos se utilizó para determinar el porcentaje de emergencia de adultos (número de adultos / número de pupas x 100), se confirmó el sexo asignado a cada individuo y se calculó la relación de sexos (número de hembras / número de hembras + número de machos).

Determinación de cambios en el tamaño corporal

Para la determinación de cambios en el tamaño corporal de la larva se midió el ancho de la cápsula cefálica (Bernardi *et al.*, 2012). Para cada sustrato se realizaron montajes de una muestra de las cápsulas cefálicas conservadas de cada estadio larval en portaobjetos y se fijaron las cápsulas con esmalte de uñas transparente. La medición se realizó a partir de fotos tomadas en un microscopio y un programa específico para mediciones (ImageJ).

Supervivencia durante el desarrollo larval

Se determinó la supervivencia al estado larval mediante el registro de mortalidad diaria durante el desarrollo larval y el porcentaje de larvas que llegaron al estado adulto (número de adultos / número de larvas x 100).

Análisis de los datos

Para todas las variables medidas se procedió a verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza con el fin de hacer un análisis paramétrico de los datos. Para duración de los estadios larvales no se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza aun cuando se procedió al modelado de varianza, por lo que esta variable se evaluó mediante un análisis no paramétrico de Mann-Whitney. Para duración del estado de pupa y masa pupal se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, por lo que el análisis se realizó mediante ajuste a un modelo lineal general donde el sustrato brindado fue el factor fijo. Para la variable tamaño de cápsula cefálica también se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, por lo que se realizó un ajuste a modelo lineal general. En todos los casos la significancia fue del 5 %. La relación de sexos se analizó dentro de cada sustrato mediante una bondad

de ajuste a una relación 1:1 y mediante la prueba de independencia (Prueba exacta de Fisher) para determinar diferencias entre sustratos. Asimismo, se realizó un análisis de curvas de sobrevivencia de Kaplan-Meier.

Resultados

Duración de los estadios larvales

La duración de los estadios larvales presentó diferencias significativas entre los distintos sustratos para L2, L6 y L7 (Figura 1, Tabla 1). Para *Amaranthus* spp. y soja Bt, el número de individuos que completaron el estado larval fue de 20 y 19 respectivamente. Asimismo, el desarrollo en soja Bt involucró estadios larvales adicionales en algunos individuos, lo que llevó a que en soja Bt la duración del estado larval duplicara a la de *Amaranthus* spp. (Tabla 1, Figura 2).

Masa pupal y duración del estado de pupa

De los 20 individuos criados en *Amaranthus* spp. que completaron su desarrollo larval, solo 9 mudaron a pupa, mientras que la totalidad de los individuos criados en soja Bt mudaron a pupa. El resultado del modelo lineal para masa pupal mostró diferencias significativas entre soja Bt y *Amaranthus* spp. ($F_{1,21} = 12,86$; $p = 0,0017$), siendo las primeras más livianas que las segundas. La media en *Amaranthus* spp. fue $312,54 \pm 15,49$ mg ($N = 9$) y en soja Bt fue $239,86 \pm 12,83$ mg ($N = 14$). Para duración del estado de pupa las diferencias fueron no significativas ($F_{1,22} = 4,25$; $p = 0,0514$). La duración promedio en *Amaranthus* spp. fue de $14,14 \pm 0,51$ días ($N = 7$) y en soja Bt fue de $12,18 \pm 0,57$ días ($N = 17$).

Emergencia de adultos y relación de sexos

El porcentaje de emergencia de adultos fue de 77,7 % en *Amaranthus* spp. y de 94,44 % en soja Bt. En ambos casos, se observó predominio de hembras sobre machos ($\chi^2 = 12,5$; $p = 0,0004$ en *Amaranthus* spp y $\chi^2 = 4,5$; $p = 0,0338$ en soja Bt). Por su parte, la prueba exacta de Fisher mostró que no hay diferencias para la proporción de sexos atribuibles al sustrato ($F = 0,27$; $p = 0,3521$).

Cambios en el tamaño corporal

Las cápsulas cefálicas presentaron diferencias significativas atribuibles al sustrato donde se desarrollaron las larvas solo en L2 y L5 (Tabla 2).

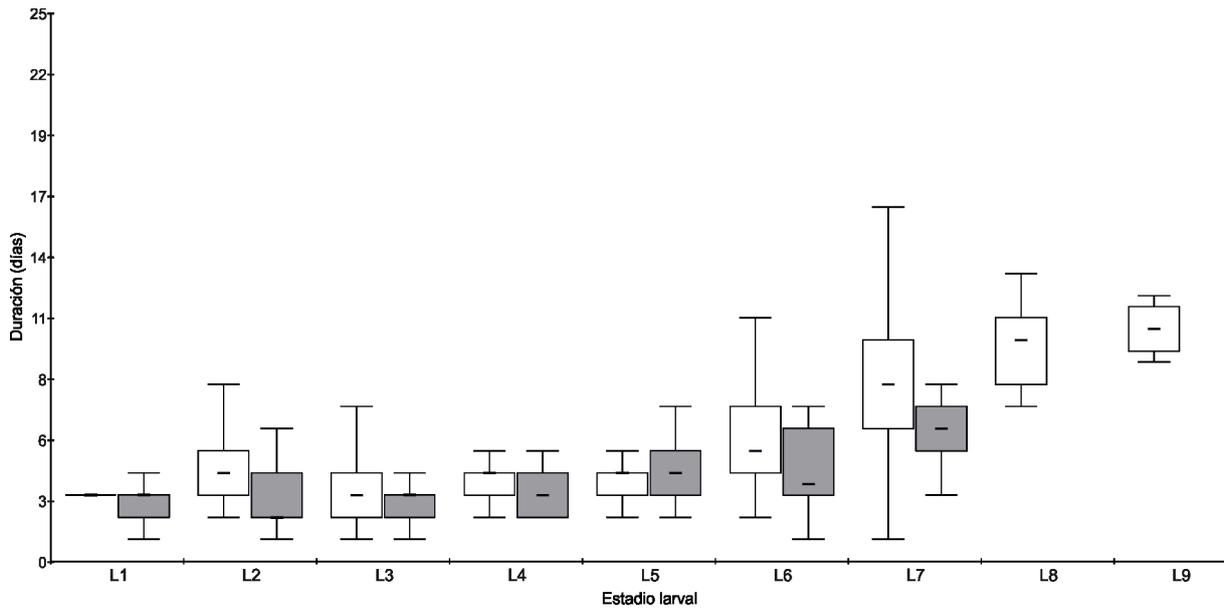


Figura 1. Duración de cada estadio larval en *Amaranthus* spp. (gris) y soja Bt. (blanco).

Tabla 1. Medianas (N) de la duración de los estadios larvales para los dos sustratos evaluados y valores de U para el test de Mann-Whitney.

| Variable | <i>Amaranthus</i> spp. | Soja Bt. | U | P |
|----------|------------------------|----------|--------|----------|
| L1 | 3 (74) | 3 (73) | 5820,0 | 0,0819 |
| L2 | 2 (42) | 4 (44) | 1435,0 | 0,0005 |
| L3 | 3 (25) | 3 (39) | 745,5 | 0,3431 |
| L4 | 3 (21) | 4 (39) | 577,0 | 0,3091 |
| L5 | 4 (20) | 4 (38) | 606,0 | 0,7875 |
| L6 | 3,5 (18) | 5 (33) | 347,0 | 0,0156 |
| L7 | 6 (10) | 8 (24) | 122,0 | 0,0435 |
| L8 | 6 (1) | 10 (13) | - | - |
| L9 | - | 10,5 (4) | - | - |
| Total* | 23 (20) | 40 (19) | 570,0 | < 0,0001 |

*Solo para los individuos que completaron el desarrollo larvario y mudaron a pre-pupa.

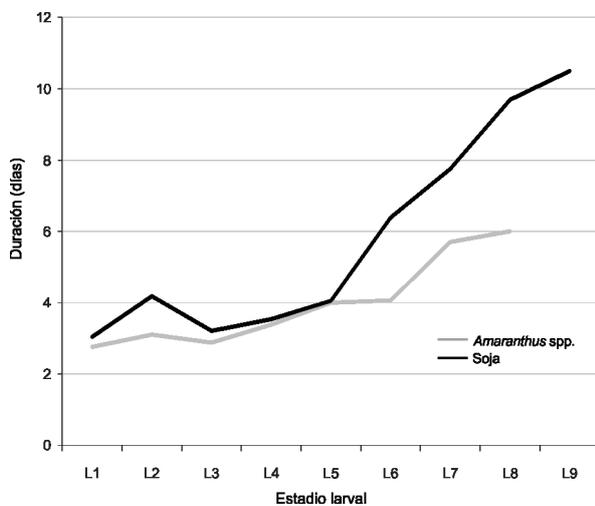


Figura 2. Duración de estadios larvales (tiempo acumulado).

Tabla 2. Medias del ancho de cápsula cefálica (mm) ± error estándar (N) para los distintos estadios larvales (L1-L8) para los dos sustratos evaluados y valores de T para la prueba de Student.

| | <i>Amaranthus</i> spp. | Soja Bt. | T | P |
|----|------------------------|------------------|-------|--------|
| L1 | 0,29 ± 0,00 (11) | 0,31 ± 0,01 (12) | -1,37 | 0,1994 |
| L2 | 0,48 ± 0,03 (11) | 0,62 ± 0,02 (12) | -3,53 | 0,0020 |
| L3 | 0,98 ± 0,10 (4) | 0,89 ± 0,03 (11) | 1,22 | 0,2452 |
| L4 | 1,44 ± 0,15 (6) | 1,14 ± 0,05 (14) | 1,95 | 0,0997 |
| L5 | 2,39 ± 0,17 (6) | 1,53 ± 0,09 (12) | 5,03 | 0,0001 |
| L6 | 2,24 ± 0,44 (2) | 2,08 ± 0,07 (12) | 0,37 | 0,7727 |
| L7 | 2,89 (1) | 2,7 ± 0,10 (11) | | |
| L8 | | 3,04 ± 0,07 (4) | | |

Supervivencia durante el desarrollo larval

El porcentaje de individuos que llegaron a adultos fue 7 % para *Amaranthus* spp. y 17 % para soja Bt. El análisis de Sobrevida de Kaplan Meier no mostró diferencias significativas entre los sustratos ($\chi^2 = 0,609$; $p = 0,4353$, Figura 3).

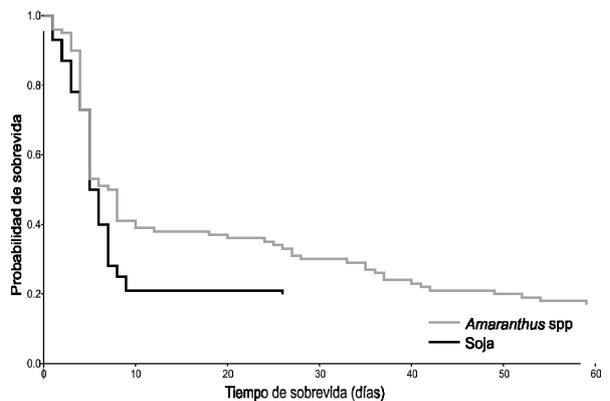


Figura 3. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier.

Discusión

Este trabajo evaluó el desarrollo de estados inmaduros de *S. cosmioides*, una oruga con potencial de convertirse en plaga primaria de la soja Bt por ser plaga no blanco de los eventos de esta tecnología que se están cultivando en Argentina desde 2012, sobre su planta hospedante original *Amaranthus* spp., o yuyo colorado, y sobre soja Bt. Las variables evaluadas evidenciaron diferencias en el desarrollo entre ambos sustratos. La duración de los estadios larvales fue mayor en soja Bt en comparación con *Amaranthus* spp. Por su parte la masa pupal fue mayor en los individuos criados en *Amaranthus* spp. Para duración del estado de pupa y relación de sexos en los adultos emergidos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos. El tamaño de las cápsulas cefálicas presentó diferencias estadísticamente significativas atribuibles al sustrato en algunos estadios. Los resultados muestran que la alimentación tiene una marcada influencia en la duración del ciclo de vida del insecto, acentuando la necesidad de conocer en mayor profundidad este impacto a fin de determinar el rol del yuyo colorado y la soja Bt en el crecimiento poblacional de esta especie de lepidóptero.

La duración de los estadios larvales fue más prolongada en soja. Bavaresco *et al.* (2003) observaron que *S. cosmioides* presenta un periodo larval más largo cuando es criada en soja no Bt, comparado con otros sustratos como cebolla, ricino y poroto, mientras que da Silva *et al.* (2017) obtuvieron resultados similares en soja comparado con algodón, avena, trigo, maíz y dieta artificial. En este trabajo, la duración del estado larva para *Amaranthus* spp. y soja Bt fueron de 23 y 40 días respectivamente, mostrando una diferencia de casi el doble. Asimismo, en soja Bt se observaron larvas que completaron el desarrollo presentando más estadios que *Amaranthus* spp. llegando incluso a L9. Bavaresco *et al.* (2003) obtuvieron resultados similares en soja no Bt con un 86 % de larvas con siete estadios y las restantes con ocho estadios; observando incluso diferencias notables con los otros sustratos evaluados (cebolla, ricino poroto). Por su parte, Cabezas *et al.* (2013) obtuvo mayor cantidad de estadios larvales en larvas alimentadas con hojas del árbol de aceite (*Aleurites fortii* Hemsl), sustrato que además presentó el ciclo larval más largo entre todos los sustratos evaluados en dicho estudio (*Ricinus communis* L. y

Jatropha curcas L.). Claramente la ocurrencia de más estadios larvales y la mayor duración del ciclo larval en larvas alimentadas con soja, tanto Bt (nuestros resultados) como no Bt (otros autores), podría deberse a una menor adecuación nutricional de este alimento para su desarrollo. Este hecho parece ser independiente de la presencia de cristales Bt ya que Bernardi *et al.* (2014) no encontraron diferencias en distintos parámetros del desarrollo en larvas de *S. cosmioides* criadas en soja Bt *versus* soja no Bt (MON 87701 x MON 89788 y una línea genéticamente cercana respectivamente). En este sentido, es necesario realizar estudios con soja Bt y no Bt a fin de determinar si la presencia de los cristales Bt imparte un impedimento adicional para el desarrollo de poblaciones de Argentina de esta especie de lepidóptero o si se confirman los resultados obtenidos por Bernardi *et al.* (2014) para poblaciones del sur de Brasil. Asimismo, es interesante mencionar en este contexto el hecho que esta especie también se alimenta de las vainas, pudiendo compensar así posibles carencias nutricionales de las hojas de soja con lo cual un estudio completo que determine la adecuación de la soja como sustrato para el desarrollo de *S. cosmioides* debería incluir vainas.

Las pupas provenientes de larvas alimentadas con *Amaranthus* spp. fueron más pesadas que las pupas provenientes de larvas alimentadas con soja Bt. Un estudio donde se evaluó el desarrollo de *S. cosmioides* y *S. eridania* en diferentes sustratos mostró que en ambas especies los individuos alimentados con soja presentaron las pupas más livianas dentro de los sustratos evaluados (da Silva *et al.*, 2017), reforzando lo expuesto anteriormente sobre la posible deficiencia nutricional de las hojas de soja.

El porcentaje de emergencia de adultos fue superior en soja Bt con un 94.44 %, valor similar al reportado por Specht y Roque-Specht (2016) en dieta artificial. Por su parte, las pupas criadas en *Amaranthus* spp. también presentaron un valor alto indicando que los individuos que completaron el desarrollo larvario y llegaron a pupa tenían las condiciones necesarias para completar esa etapa. Sin embargo, hay que destacar la alta mortalidad en pre-pupa y la baja viabilidad durante el desarrollo larvario.

En cuanto a la relación de sexos, para ambos sustratos se observó una mayor cantidad de emergencia de hembras que de machos. Este resultado difiere de lo obtenido por otros autores (Bavaresco

et al., 2003, 2004; Cabezas *et al.*, 2013; da Silva *et al.*, 2017) donde la proporción siempre fue cercana a 1:1. A pesar de esta discrepancia, la prueba de Fisher mostró que no existen diferencias atribuibles al sustrato, coincidiendo con lo expresado por Bavaresco *et al.* (2003, 2004); Cabezas *et al.* (2013); da Silva *et al.* (2017).

La medición del ancho de cápsula cefálica permitió observar el crecimiento de *S. cosmioides* en los sustratos evaluados. Para ambos casos, se verificó un mayor crecimiento en los últimos estadios larvales, en concordancia con Specht y Roque-Specht (2016) en dieta artificial. Asimismo, en L5 las cápsulas de las larvas criadas en *Amaranthus* spp. fueron más grandes que las criadas en soja, coincidiendo con la mayor masa de la pupa registrada en dicho sustrato.

En ambos sustratos la supervivencia de larva a adulto fue muy baja. En contraposición, Bernardi *et al.* (2014) obtuvieron valores superiores al 90 % en su trabajo con soja Bt y soja no Bt y Bavaresco *et al.* (2004) valores superiores al 75 % en su trabajo con dietas artificiales. En este sentido es posible que los bajos valores encontrados se puedan deber a algún tipo de estrés ambiental sufrido por las larvas en los primeros estadios del desarrollo.

Conclusiones

Este estudio muestra que la soja Bt resulta un sustrato menos apropiado para el desarrollo de *S. cosmioides* que *Amaranthus* spp. El menor peso de pupa registrado en soja Bt confirma la baja calidad nutricional de la soja Bt. El hecho que *Amaranthus* spp. haya resultado un sustrato más apropiado nutricionalmente es explicable debido a que se trata del hospedante natural donde existe una historia evolutiva común. Por su parte, el mayor tiempo para el desarrollo de las larvas en soja Bt supone un efecto negativo para la soja Bt, ya que al pasar *S. cosmioides* más tiempo en el estado de larva, puede causar daños significativos por defoliación en el cultivo. Este alargamiento en el desarrollo podría significar que esta plaga al ser polivoltina, presente menos generaciones por año cuando se desarrolla en soja, lo que determinaría un menor crecimiento poblacional.

En su conjunto, este estudio brinda información relevante sobre la biología de esta especie que junto con estudios que analicen la tasa de consumo, el nivel de daño ocasionado y el potencial reproductivo de *S. cosmioides* desarrollada en soja Bt

permitirán estimar el impacto de este cultivo en el crecimiento poblacional de la especie y su potencial de convertirse en plaga primaria; permitiendo de esta forma contribuir a la estabilidad en el sistema de la tecnología Bt.

Agradecimientos

Este estudio se llevó a cabo con fondos del proyecto PICT 2016-1675 a nombre de MTV y del proyecto PIUNT A-617 a nombre de MHV. Agradecemos los valiosos aportes de dos revisores que contribuyeron a mejorar el manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Aragón J.R. (2002). Insectos Perjudiciales de la Soja. INTA Marcos Juárez. IDIA XXI 3: 75-82.
- Awmack C.S., Leather S.R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. Annual Review of Entomology 47 (1): 817-844.
- Bavaresco A., Garcia M.S., Gruetzmacher A.D., Foresti J., Ringenberg R. (2002). Biología e exigências térmicas de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae). Neotropical Entomology 31 (1): 49-54.
- Bavaresco A., Garcia M.S., Grützmacher A.D., Foresti J., Ringenberg R. (2003). Biología comparada de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, soja e feijão. Ciência Rural 33 (6): 993-998. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782003000600001>
- Bavaresco A., Garcia M.S., Grützmacher A.D., Ringenberg R., Foresti J. (2004). Adequação de uma dieta artificial para a criação de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. Neotropical Entomology 33 (2): 155-161. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000200005>
- Bernardi O., Malvestiti G.S., Dourado P.M., Oliveira W.S., Martinelli S., Berger G.U., Head G.P., Omoto C. (2012) Assessment of the high dose concept and level of control provided by MON 87701 × MON 89788 soybean against *Anticarsia gemmatalis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. Pest Management Science 68: 1083-1091.
- Bernardi O., Sorgatto R.J., Barbosa A.D., Domingues F.A., Dourado P.M., Carvalho R.A., Martinelli S., Head G.P., Omoto C. (2014). Low susceptibility of *Spodoptera cosmioides*, *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically-modified soybean expressing Cry1Ac protein. Crop Protection 58: 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.01.001>
- Board J., Kumudini S., Omielan J., Prior E., Kahlon C., Weaver D. (2011). Light interception as a yield-loss prediction tool for defoliation-induced yield loss

- in soybean. *Crop Management* 10: 1-13. <https://doi.org/10.1094/cm-2011-0722-01-rv>: -
- Cabezas M.F., Nava D.E., Geissler L.O., Melo M., Garcia M.S., Krüger R. (2013). Development and leaf consumption by *Spodoptera cosmioidea* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on leaves of agroenergy crops. *Neotropical Entomology* 42 (6): 588-594. <https://doi.org/10.1007/s13744-013-0169-6>
- Conte O., Oliveira F.T., Harger N., Corrêa-Ferreira B.S., Roggia S., Prando A.M., Seratto C.D. (2019). Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2017/18 no Paraná. En: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201452/1/Doc-416-OL-2.pdf>, consulta: noviembre 2020.
- Kahl M., Kleisinger G. (2016). *Spodoptera cosmioidea* vulgarmente conocida como “oruga del yuyo colorado” u “oruga militar grande”, se la encuentra cada vez más frecuentemente en lotes de producción de nuestra región. *Serie de Extensión INTA Paraná* 78: 1-8.
- Luz P.M.C., Specht A., Paula-Moraes S.V., Malaquias J.V., Ferreira L.F.M., Otanásio P.N., Diniz I.R. (2018). Owllet moths (*Lepidoptera: Noctuoidea*) associated with Bt and non-Bt soybean in the Brazilian savanna. *Brazilian Journal of Biology* 79: 248-256.
- Pashley D.P., Hardy T.N., Hammond A.M. (1995). Host effects on developmental and reproductive traits in fall armyworm strains (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America* 88 (6): 748-755.
- Pomari A.F., Bueno A.F., Bueno R.C.O.F. Menezes A.O. (2012). Biological characteristics and thermal requirements of the biological control agent *Teleonomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) reared on eggs of different species of the genus *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America* 105: 73-81.
- da Silva D.M., de Freitas Bueno A., dos Santos Stecca C., Andrade K., Neves P.M.O.J., de Oliveira M.C.N. (2017). Biology of *Spodoptera eridania* and *Spodoptera cosmioidea* (Lepidoptera: Noctuidae) on different host plants. *Florida Entomologist* 100 (4): 752-760.
- Silva G.V., de Freitas Bueno A., Bortolotto O.C., dos Santos A.C., Pomari-Fernandes A. (2016). Biological characteristics of black armyworm *Spodoptera cosmioidea* on genetically modified soybean and corn crops that express insecticide Cry proteins. *Revista Brasileira de Entomologia* 60 (3): 255-259.
- Specht A., Roque-Specht V.F. (2016). Immature stages of *Spodoptera cosmioidea* (Lepidoptera: Noctuidae): Developmental parameters and host plants. *Zoologia* 33 (4): 1-10. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689zool-20160053>
- Urretabizkaya N., Vasicek A., Saini E. (2010). Insectos perjudiciales de importancia agronómica: Lepidópteros. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 1 (1): 1-77.
- Vera M.A., Acosta G., Murúa M.G., Casmuz A.S. (2018). Plagas no blanco de la soja Bt: Complejo de especies del género *Spodoptera* Guenée, 1852 (Lepidoptera: Noctuidae). *Avance Agroindustrial* 39 (3): 26-27.
- Ybran R., Lacelli G. (2016). Informe estadístico mercado de la soja. Boletín Técnico INTA, 1-9. En: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf, consulta: noviembre 2020.
- Zenker M.M., Specht A., Corseuil E. (2007). Estágios imaturos de *Spodoptera cosmioidea* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). *Revista Brasileira de Zoologia* 24: 99-107.