

Reducción del consumo foliar de orugas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) infectadas con *Nucleopolyhedrovirus* aislamiento Leales (Tucumán, R. Argentina)

Marta G. Yasem de Romero* y Eduardo R. Romero**

RESUMEN

En la actualidad, el manejo de los insectos perjudiciales para la agricultura exige el uso integrado de distintas tácticas. *Spodoptera frugiperda* es una plaga de difícil control, que requiere disponer de herramientas alternativas para su manejo, tales como los baculovirus, en forma de insecticida biológico de aplicación convencional. Al analizar la factibilidad de su empleo, interesa cuantificar la reducción del consumo foliar en las orugas infectadas, ya que la muerte de estas no se produce inmediatamente después de la infección. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el consumo de hojas de maíz por parte de orugas de *S. frugiperda* que habían sido infectadas con el *Nucleopolyhedrovirus* (VPNSf) aislamiento Leales en distintos días de desarrollo, comparándolo con el consumo de larvas sanas. Bajo las condiciones de estos ensayos, todas las larvas infectadas con baculovirus murieron en estado larval, mientras que las orugas sanas completaron el ciclo larval y mudaron a pupa. Sería conveniente infectar con el baculovirus larvas de tres a cinco días de desarrollo, ya que el consumo foliar decrece aproximadamente un 85%, comparándolo con el consumo de larvas sanas. Si la infección es inducida en larvas de siete a nueve días de desarrollo, el consumo se reduce en un 65%, valor todavía interesante. En las cuatro edades evaluadas de la fase larval del gusano cogollero, el VPNSf aislamiento Leales redujo significativamente el consumo del área foliar del maíz, posicionándose como un agente promisorio de manejo.

Palabras clave: gusano cogollero, baculovirus, daño foliar.

ABSTRACT

Reduction of leaf consumption by *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) infected with VPNSf isolated in Leales (Tucumán, Argentina)

At present, the management of crop damaging insects can be attained only by means of an integrated approach. The fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is particularly difficult to control, so the availability of alternative management methods is important. The use of baculoviruses as conventionally applied biological insecticides constitutes an example of such methods, but its feasibility has to be assessed by quantifying foliar consumption by larvae after being thus infected, since death does not take place overnight. This paper aimed to quantify corn leaf consumption by *S. frugiperda* after being infected with the *Nucleopolyhedrovirus* strain isolated in Leales, Tucumán, Argentina, at different development stages, as compared with foliar consumption by non-infected larvae. Under the conditions of the bioassays conducted for this purpose, it was observed that it is convenient to infect larvae when they are three to five days old, since foliar consumption decreases by approximately 85%. If infection is induced when they are seven to nine days old, a 65% reduction in foliar consumption is recorded, which is still interesting. Overall, the VPNSf Leales isolate proved to be a promising control agent for *S. frugiperda*, since it led to significant reductions in corn leaf consumption by larvae at the four ages considered in the assays.

Key words: fall armyworm, baculovirus, foliar damage.

* Cátedra Fitopatología, Facultad de Agronomía y Zootecnia (FAZ), Universidad Nacional de Tucumán (UNT).
martayasem@gmail.com

** Cátedra Fisiología Vegetal, FAZ, UNT y Sección Caña de Azúcar, EEAOC.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal importante en la dieta alimenticia humana (pisingallo e híbridos dulces) y en la alimentación animal (como maíces forrajeros); también resulta importante por los variados usos industriales que se dan a esta materia prima (Ascencio, 2000). La demanda mundial del cultivo es creciente, aspecto también ligado a la posibilidad de su utilización para la producción de biocombustibles, tales como el etanol (López y Oliverio, 2010).

El “gusano cogollero” u “oruga militar tardía”, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), ocasiona importantes daños en la producción de maíz y algodón en toda América, a la vez que se presenta en numerosas especies cultivadas, por su carácter polífago. En el Noroeste Argentino, es la plaga permanente primaria más importante del maíz (Willink *et al.*, 1991a), constituyendo un factor limitante de su producción en esta región. Esto llevó a que fuera declarada plaga nacional por el Poder Ejecutivo Nacional en 1988 (Murúa y Virla, 2004). Asimismo, ataca al maíz en Brasil, Colombia, Cuba, Venezuela, México, Perú, Chile y Estados Unidos (Pérez Montesbravo, 2001). Una característica de esta plaga es su difícil control, que tradicionalmente se encara con hasta tres aplicaciones de insecticidas químicos de amplio espectro y elevado poder de volteo, tales como clorpirifós y cipermetrina, y que se realizan durante el ciclo del cultivo de maíz (Willink *et al.*, 1991b). Desafortunadamente, las aplicaciones de estos productos pueden seleccionar poblaciones resistentes de *S. frugiperda* (Yu, 1991; Berta *et al.*, 2000). Se suman, además, los problemas de toxicidad que generan, los que afectan a los enemigos naturales del cogollero y al medio ambiente en general. Es por ello que en una resolución elevada en el año 2009, el Ministerio de Salud de la Nación prohibió el uso de clorpirifós.

La siembra comercial de maíz transgénico tolerante a lepidópteros se inició en la Argentina en 1998 y, actualmente, este tipo de maíz ocupa un 70% de la superficie cultivada. Sin embargo, *S. frugiperda* es una plaga que exhibe una marcada tendencia a adquirir tolerancia al maíz transgénico, tal como fue observado en ensayos de laboratorio (Zenner de Polania *et al.*, 2009). Incluso en Puerto Rico, es reconocida como caso típico de desarrollo de resistencia al maíz transgénico en campo (Yu, 1991; Storer *et al.*, 2010).

Es por ello evidente que el control de esta oruga requiere cada vez más del uso integrado de distintas tácticas de manejo, para lo cual es necesario disponer de variadas herramientas. Una de ellas es el empleo de los virus entomopatógenos, considerados de gran potencial para la introducción y colonización de poblaciones de plagas, o para su utilización como bioinsecticidas en diferentes agroecosistemas (Moscardi, 1986; Morais Ribeiro, 1994).

Los baculovirus pertenecen a la familia *Baculoviridae*, en la cual están reunidos la mayoría de los insecticidas virales registrados (Flexner, 2000). Consta de dos géneros: *Nucleopolyhedrovirus* (virus de la poliedrosis nuclear, NPV) y *Granulovirus* (virus de la granulosis, GV). La infección a los huéspedes ocurre por vía oral. Poseen una elevada especificidad, lo que posibilita la reducción de poblaciones de plagas, mientras que los insectos benéficos son preservados o tienen la posibilidad de restablecerse. Sin embargo, los entomopatógenos no provocan la muerte inmediata de los insectos plaga, por lo cual su utilización genera cierta resistencia en algunos de los productores. Si se los compara con los insecticidas químicos, los baculovirus actúan en forma relativamente lenta, permitiendo que las plagas insectiles infectadas mantengan su capacidad de alimentación normal durante dos a cuatro días después del tratamiento, lo que constituye una limitación a la expansión del uso de los baculovirus. La disminución del consumo foliar de las larvas infectadas comienza a los tres o cuatro días luego de la inoculación (Lobo de Souza y Lecuona, 1996) y el lapso de tiempo que transcurre entre el consumo viral y la muerte de la larva puede ser de varios días (Stacey *et al.*, 1977).

Por esta razón, al analizar la factibilidad del uso de un baculovirus como bioinsecticida, es importante conocer el área foliar consumida por las larvas enfermas, ya que las orugas continúan alimentándose por algún tiempo hasta que mueren a consecuencia de la infección oral. La reducción en el consumo de una larva enferma con baculovirus respecto al de una sana constituye un importante indicador de su potencialidad como insecticida biológico.

La capacidad de consumo de área foliar de cada larva de *S. frugiperda* resulta variable en función de su sanidad y del estadio de desarrollo en que se encuentra, intensificándose esta en las últimas fases (Cruz, 1995). Azevedo *et al.* (2001) expresan que el mayor potencial de daño en plantas de maíz se registra cuando las larvas sanas se encuentran desde el cuarto estadio en adelante, pues consumen gran parte del área foliar antes de que las hojas emerjan del cogollo, en desarrollo completo, atacando todas las hojas centrales y destruyéndolas completamente. Valerio (1997) estimó que en los dos últimos estadios consumen un 85% de lo que necesitan para completar la fase larval. En promedio, las larvas sanas consumen entre 170,6 cm² (Cruz, 1995) y 209,3 cm² (Grützmacher *et al.*, 2001). Según Sparks (1979), este valor es de 140 cm², valor algo mayor a los 126,9 cm² calculados por Valicente (1988). Viana e Potenza (2000) determinaron que el área foliar consumida por una oruga sana entre el sexto día y el final del desarrollo larval en cuatro genotipos de maíz, fluctúa entre 133,5 cm² y 156,5 cm².

Cuando una larva ingiere hojas contaminadas con el baculovirus, el tiempo que transcurre hasta su muerte va a depender de la concentración del virus en la hoja y del tamaño de la larva (Valicente e Cruz, 1991). En relación

con esto, se registró una reducción del 93% en el consumo foliar de maíz en larvas infectadas a los seis días (Valicente, 1988). Ante estos resultados promisorios, el centro de investigación de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) dedicado al cultivo de maíz y sorgo, en Sete Lagoas, MG, Brasil, desarrolló un programa de producción y uso del VPNSf del maíz que proporcionó el control eficiente del insecto en 5000 ha por año (Sosa-Gómez *et al.*, 2008). En Cuba, estimaron que la capacidad de reducción del daño foliar que posee el VPNSf es de un 54%, comportamiento relacionado con la inapetencia que produce el virus en las larvas que lo ingieren (Pérez Montesbravo, 2001).

Teniendo en cuenta el antecedente de que el VPNSf aislamiento Leales presenta mayor virulencia en larvas de *S. frugiperda* que aislamientos virales introducidos (Yasem de Romero *et al.*, 2009), el objetivo de este trabajo fue cuantificar el consumo de hojas de maíz en orugas de *S. frugiperda* infectadas, en distintos días de desarrollo, con el *Nucleopolyhedrovirus* aislamiento Leales, para luego compararlo con el consumo de larvas sanas. De esta forma, se continúa con la evaluación necesaria para determinar el potencial de la aplicación del VPNSf aislamiento Leales, en el manejo de esta importante plaga en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Insectos, cría y dieta: para la realización de los bioensayos, se contó con material de la cría de *S. frugiperda* del insectario de la Sección Zoología Agrícola de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. La dieta utilizada constó de los siguientes elementos, por 750 cm³ de agua: 112,5 g de poroto molido; 26,0 g de trigo; 22,5 g de levadura de cerveza; 30,0 g de agar; 4,5 g de ácido ascórbico; 0,75 g de ácido sórbico; 1,5 g de metil parahidroxibenzoato (nipagin) y 1,5 ml de formaldehído.

En vasos plásticos, se colocaron listones de dieta y papelitos con cuatro grupos de posturas. Se desarrollaron aproximadamente 400 orugas por vaso, a temperatura de 24°C a 26°C. Las orugas emergidas se transfirieron con pincel, en forma individual, a tubos de ensayo de 10 cm de largo y 1 cm de diámetro con dieta, donde permanecieron hasta empupar. Las pupas (40) se colocaron en cajas de Petri grandes con un tubo de plástico, recubierto con tres o cuatro capas de papel, donde los adultos realizaron las posturas. En la base, se colocó un recipiente pequeño con algodón embebido en agua azucarada para alimentar a los adultos, renovado diariamente para evitar su fermentación.

Plantas: se trabajó con plantas de maíz variedad Leales 25, con un desarrollo de seis a ocho hojas tiernas. Se extrajo material foliar, que fue lavado con hipoclorito de sodio al 0,1%, permaneciendo en cámara de flujo laminar hasta eliminar el exceso de humedad.

Exposición/inoculación de las plantas al VPNSf: posteriormente, las hojas destinadas a alimentar las larvas sanas fueron sumergidas en agua destilada estéril más Tween 20 al 0,1%. En cambio, las hojas para la primera alimentación de las larvas a infectar se sumergieron en una suspensión de VPNSf Leales (concentración 2,5 x10⁶ poliedros/ml) más Tween 20 al 0,1% (Valicente, 1988).

Bioensayo: para cuantificar y comparar el área foliar consumida y la supervivencia de las larvas de *S. frugiperda* sanas e infectadas con VPNSf aislamiento Leales, se realizaron bioensayos donde se evaluó la supervivencia de larvas que fueron alimentadas con material inoculado con VPNSf a distintas edades (tres, cinco, siete y nueve días de nacidas). Los experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio de la Cátedra de Fitopatología de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán. Para cada edad, se utilizaron 30 orugas por tratamiento (sanas e infectadas), las que fueron colocadas individualmente en un tubo de ensayo de 10 cm de largo y 1 cm de diámetro, tapado con algodón. Este procedimiento se realizó al iniciar el experimento; es decir que las larvas ingirieron material vegetal con inóculo viral únicamente el primer día del ensayo. A partir del segundo día, antes de renovar el material fresco, se extrajo de cada tubo de ensayo el remanente vegetal, registrando su peso. Posteriormente, a cada larva se le suministraron discos foliares en cantidad variable según su desarrollo, que fueron extraídos con sacabocados (2,3 cm de diámetro) y que tenían un peso fresco y una superficie conocidos (4,15 cm²/disco). Estos se renovaron diariamente. Todo el material se mantuvo en cámara con temperatura controlada (27 ± 1°C), hasta que la larva completó el desarrollo o murió.

Variables registradas: los discos de material vegetal removidos fueron pesados en una balanza de precisión. Asimismo, se midió la pérdida natural de peso por marchitamiento de los discos foliares con la suspensión viral y los testigos. Para ello, se utilizó material foliar que fue mantenido en iguales condiciones en la misma cámara donde se encontraban las orugas en ensayo.

Las variables registradas fueron: peso inicial de cada disco; peso final de cada disco después de 24 horas de consumo larval; y peso final de cada disco a las 24 horas, sin larvas (para determinar la pérdida de peso por marchitamiento).

Análisis de los datos: los valores diarios registrados de variación del peso fresco fueron utilizados para los siguientes cálculos:

1.- Consumo/día (peso fresco foliar) = (peso inicial del disco – peso del disco a las 24 horas) – pérdida de peso del disco por marchitamiento.

2.- Para cada bioensayo, con el peso fresco inicial promedio de los 30 discos con los que se midió marchitamiento, se procedió a determinar un coeficiente para transformar el peso consumido por día en área foliar (CCAF), el que se calculó de la siguiente manera:

CCAF = superficie por disco foliar / peso promedio por disco foliar.

3.- La estimación del área foliar consumida (cm^2 por día) se calculó según la siguiente fórmula:

Área foliar consumida (AFC) = consumo diario en peso (gramos/día) x CCAF.

4.- Posteriormente se determinó la variación diaria y acumulada del consumo foliar, expresada en unidades de área.

Con los valores finales de consumo foliar y de duración del ciclo larval, se efectuaron análisis de estadística descriptiva y test "t" para comparación de muestras de número y varianza desiguales.

La supervivencia de las larvas de *S. frugiperda* se expresó en días. En el caso de las sanas, se consideró la duración total del ciclo larval, es decir los días hasta alcanzar la fase de pupa; en cambio, para las infectadas se consideraron los días entre la inoculación y la muerte, ya que ninguna llegó a empupar. La mortalidad natural de las larvas sanas no superó en ningún bioensayo el 10%.

Para representar la evolución temporal acumulada del área foliar consumida por larva, se utilizaron técnicas de regresión no lineal, usando funciones sigmoideales (sigmoide exponencial simple).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se presenta la evolución del consumo medio de área foliar de orugas sanas de *S. frugiperda*, a partir del tercer día de su nacimiento y durante todo el estado larval, señalando las tasas medias diarias de consumo en sus distintas etapas. La capacidad de consumo de las larvas sanas creció según un patrón sigmoideal, evidenciando una baja tasa ($1,8 \text{ cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$) los primeros seis días, para incrementarse en 3,6 veces en los siguientes cuatro días, alcanzando la máxima capacidad de consumo diario ($12,1 \text{ cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$) entre los días 11 y 16 desde el inicio de la evaluación. Luego, el consumo evidenció una marcada disminución en los últimos días del estado larval, antes de que los insectos alcanzaran el estado de pupa. Se destaca que, entre el 6° y 16° día, cada larva ingirió cerca del 80% del total, acumulando el 89% del área foliar total consumida, valor cercano al 85% obtenido por Valerio (1997) para igual período. Las variaciones del consumo foliar, coincidentes con el desarrollo larval, concuerdan con lo expresado por Cruz (1995) y Azevedo *et al.* (2001). Los valores promedio de consumo de área foliar de larvas sanas de *S. frugiperda* determinados en este trabajo resultaron más bajos que los citados por algunos autores (Cruz, 1995; Grützmacher *et al.*, 2001), pero se encuentran próximos a los obtenidos por Sparks (1979), Viana e Potenza (2000) y Valicente (1988).

En la Tabla 1 se presenta la información derivada de los bioensayos realizados, analizando comparativamente el área foliar total consumida y la supervivencia de

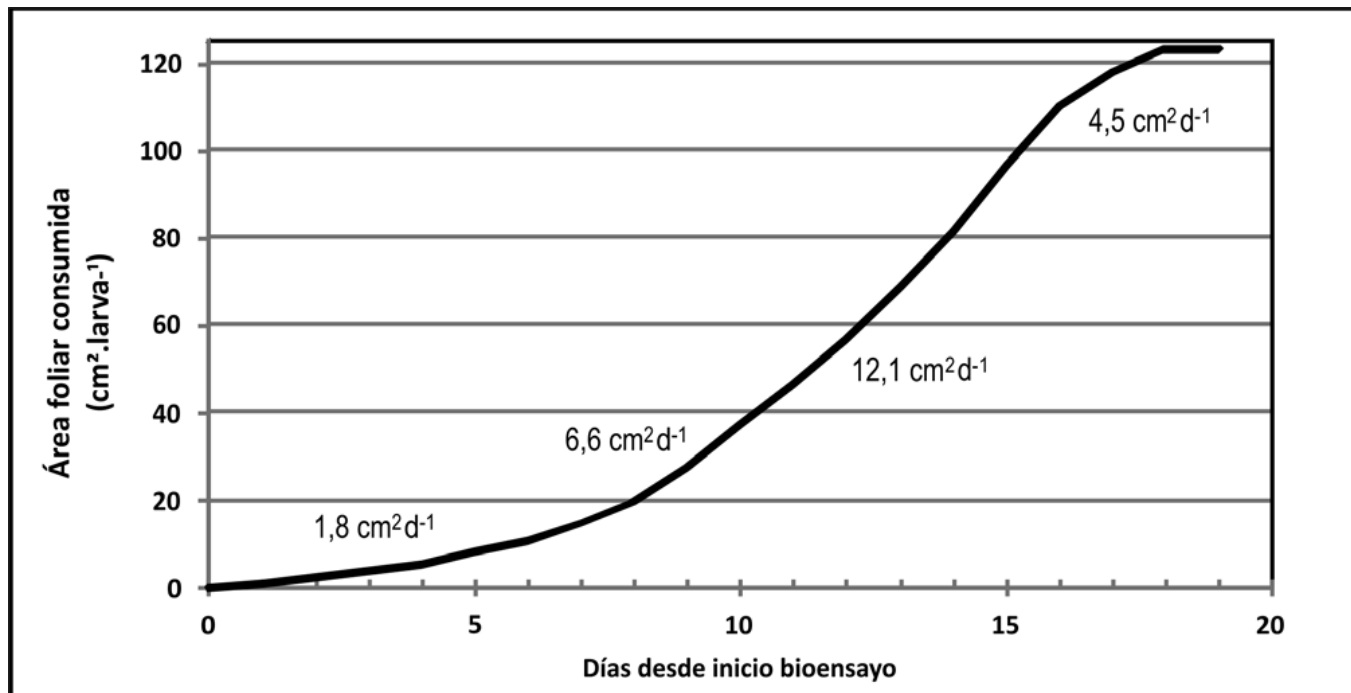


Figura 1. Evolución de la capacidad media de consumo de área foliar (cm^2 de hojas jóvenes, extraídas en el estadio V4 de maíz) de orugas sanas de *S. frugiperda* a partir de tres días de nacidas, durante su ciclo larval. Los valores incluidos en la figura corresponden a las tasas medias de consumo foliar durante el ciclo larval.

las larvas de *S. frugiperda* sanas e infectadas con VPNSf aislamiento Leales, según la edad en que se inició cada evaluación.

Como se observa en la Tabla 1, cuando las orugas fueron infectadas con el VPNSf a los tres días de nacidas, consumieron tejido foliar hasta su muerte, la cual tuvo lugar en promedio a los 6,8 días; este consumo representó un área de hojas de maíz de 18 cm², en comparación a los 120 cm² consumidos por las sanas en un periodo medio de 17,2 días. Es decir que hubo una disminución de su alimentación en un 85% y una reducción de más de 10 días en su supervivencia, lo que evidencia el potencial patogénico de VPNSf aislamiento Leales.

Cuando se trabajó con larvas de cinco días, las tratadas con el virus comieron 19,6 cm² en promedio hasta su muerte, mientras que las sanas consumieron 119,0 cm², lo que implicó una disminución en el consumo del 83,5%. Por su parte, la supervivencia de las orugas enfermas se acortó 8,1 días en promedio, lo que implica una disminución del 53% respecto de las larvas sanas, valor muy inferior al 93% citado por Valicente (1988) para larvas infectadas a los seis días.

Al comparar los resultados obtenidos con larvas infectadas a los tres y cinco días (Tabla 1), se observa que las diferencias fueron mínimas, ya que el área foliar total consumida por las larvas infectadas a los cinco días fue ligeramente mayor (un 1,5%) y la supervivencia de las larvas tratadas en estas edades (en días) fue similar: las larvas infectadas a los tres días murieron aproximadamente 0,5 días antes.

Cuando se efectuó la evaluación de larvas con siete días de desarrollo, se observó que las infectadas consumieron en promedio 27,2 cm² y las sanas 82,8 cm²,

lo que involucró una reducción del 67%. Además, la supervivencia de las orugas enfermas se redujo en 4,3 días respecto del periodo larval de las sanas. Se hizo evidente que cuando se inició la infección con orugas de mayor edad (siete días), la reducción en el área foliar consumida y en el periodo de alimentación fue marcadamente inferior al logrado cuando la infección se produjo en larvas más pequeñas.

Por último, cuando se inició el bioensayo con larvas de *S. frugiperda* de nueve días de desarrollo, las orugas infectadas comieron en promedio 23,4 cm² de hojas de maíz, mientras que las sanas consumieron 64,9 cm². Esto representó una disminución en el consumo del 64%.

La reducción promedio del área foliar consumida por las larvas enfermas con VPNSf, considerando el promedio obtenido para las distintas edades evaluadas, fue del 75%, superando el 54% obtenido por Pérez Montesbravo (2001). Asimismo, la supervivencia de las larvas infectadas se redujo prácticamente a la mitad; de hecho, estas larvas no llegaron a empupar y alcanzaron prematuramente la muerte (52,3%). Es decir que tanto la capacidad de alimentación como la supervivencia de las larvas infectadas disminuyeron marcadamente con la infección, la que eventualmente las condujo a la muerte, mientras que las sanas continuaron consumiendo, completando los estadios larvales hasta empupar. Las larvas sanas de las cuatro edades estudiadas consumieron, en promedio, 4,4 veces más que las infectadas.

Los resultados obtenidos evidencian que, cuando las larvas fueron infectadas a los tres y cinco días de haber nacido, la reducción del consumo foliar respecto de las sanas fue de aproximadamente un 84%. En cambio, cuando las larvas se infectaron a los siete y nueve días

Tabla 1. Área foliar consumida (cm²) y supervivencia de larvas de *S. frugiperda* sanas e infectadas con VPNSf aislamiento Leales, según días de desarrollo al inicio del tratamiento. Se presentan los valores correspondientes a la media y el error estándar.

Variables	Edad larvas	Larvas sanas	Larvas infectadas (VPNSf-Leales)	Diferencia test "t"
Área foliar consumida (cm ²)	3 días	119,9 ± 6,0	18,1 ± 1,7	101,8 P<0,0001
	5 días	118,9 ± 5,3	19,6 ± 2,9	99,4 P<0,0001
	7 días	82,8 ± 2,8	27,2 ± 2,9	55,7 P<0,0001
	9 días	64,9 ± 4,2	23,4 ± 2,1	41,4 P<0,0001
Supervivencia de las larvas (días)	3 días	17,2 ± 0,3	6,8 ± 0,4	10,4 P<0,0001
	5 días	15,4 ± 0,4	7,3 ± 0,7	8,1 P<0,0001
	7 días	11,7 ± 0,4	7,4 ± 0,5	4,3 P<0,0001
	9 días	15,5 ± 0,5	10,1 ± 0,7	5,4 P<0,0001

de edad, la disminución del consumo de hojas respecto de las sanas fue de un 67% y 64%, respectivamente.

En la Figura 2, se compara la evolución de los promedios de área foliar consumida por larvas sanas y enfermas, para las cuatro edades en las que se efectuó la inoculación.

En los cuatro casos el comportamiento fue similar, marcándose las diferencias de consumo entre las orugas sanas y enfermas luego de los dos a cuatro días siguientes a la inoculación, coincidiendo con lo expresado por Moscardi⁽¹⁾ y Lobo de Souza y Lecuona (1996).

A partir del cuarto día, se produce una marcada caída en el consumo de las larvas inoculadas, debido a su progresivo deterioro físico e inminente muerte, marcando una brecha importante con las larvas sanas, como lo señala Cruz (1995).

Cuanto más joven era la larva al momento de ser infectada, más rápidos fueron tanto el inicio del proceso de la enfermedad como la muerte.

Comparando las larvas de las dos primeras edades (larvas de tres a cinco días) con aquellas que tenían las otras dos edades (larvas de cinco a nueve días), se evidenció que las larvas sanas comieron seis veces más

¹Moscardi, F. (2000). Comunicación personal. Embrapa Soja, Brasil.

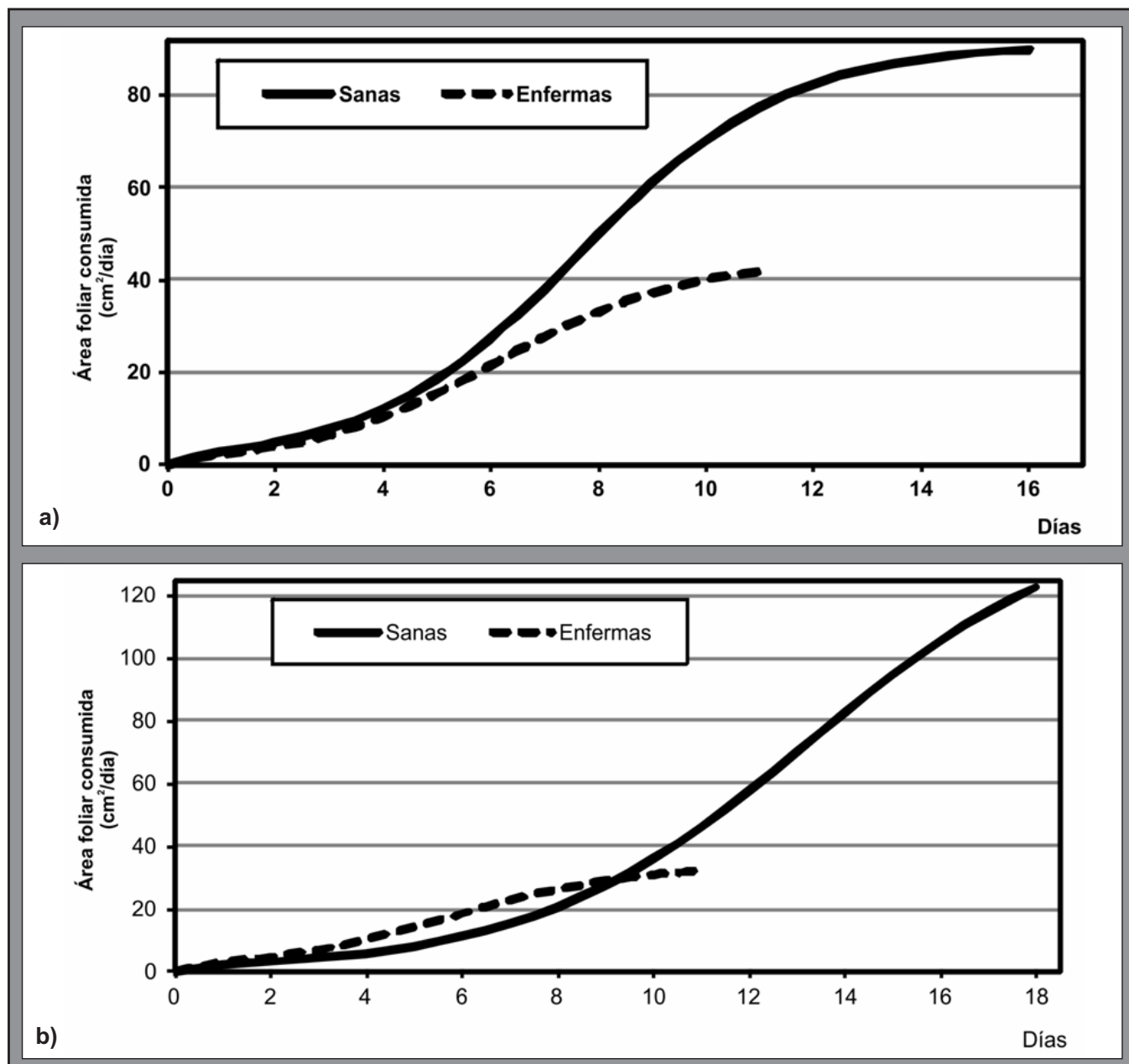


Figura 2. Evolución del área foliar consumida por larvas de *S. frugiperda* sanas e infectadas con VPNSf aislamiento Leales, según días desde el inicio del bioensayo. La inoculación se realizó en larvas de tres (A), cinco (B), siete (C) y nueve (D) días de desarrollo. Modelos de ajuste: A) ecuaciones: I.- sanas: $AFC = 134,47/1 + EXP(4,231 - 0,355 * \text{días})$; $R^2 = 0,913$; II.- enfermas: $AFC = 21,13/1 + EXP(3,002 - 0,697 * \text{días})$; $R^2 = 0,819$; B) ecuaciones: I.- sanas: $AFC = 129,13/1 + EXP(6,262 - 0,795 * \text{días})$; $R^2 = 0,922$. II.- enfermas: $AFC = 23,19/1 + EXP(3,753 - 0,696 * \text{días})$; $R^2 = 0,712$; C) ecuaciones: I.- sanas: $AFC = 90,99/1 + EXP(3,957 - 0,517 * \text{días})$; $R^2 = 0,923$; II.- enfermas: $AFC = 44,27/1 + EXP(3,502 - 0,572 * \text{días})$; $R^2 = 0,871$; D) ecuaciones: I.- sanas: $AFC = 73,6/1 + EXP(4,484 - 0,419 * \text{días})$; $R^2 = 0,873$; error II.- enfermas: $AFC = 36,33/1 + EXP(4,62 - 0,519 * \text{días})$; $R^2 = 0,822$.

que las enfermas en el primer caso, mientras que en el segundo, comieron tres veces más.

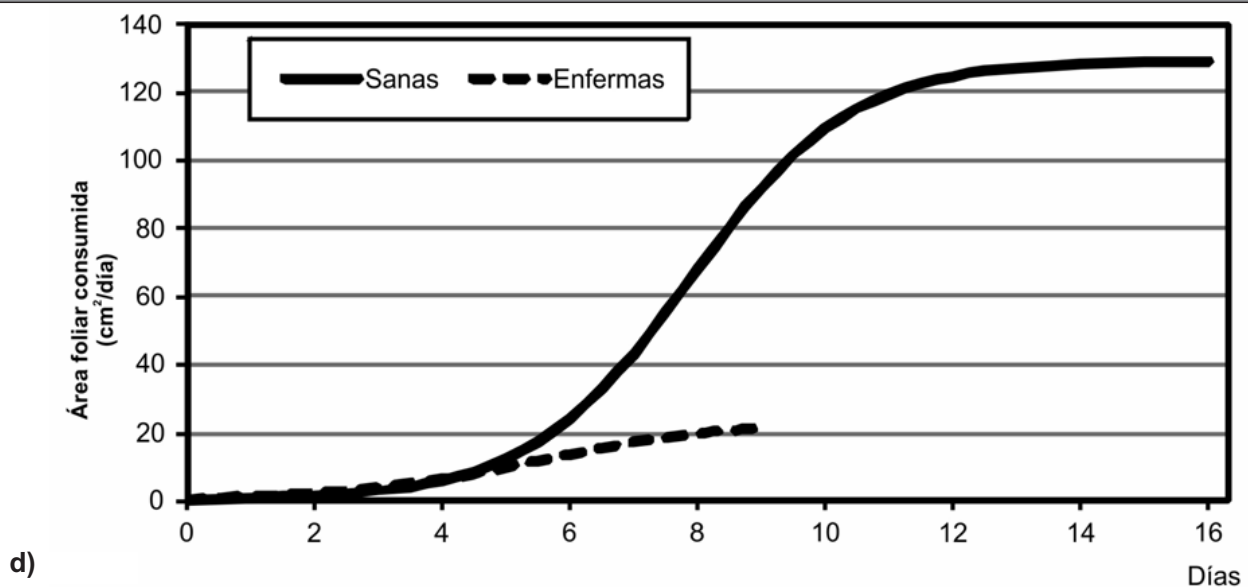
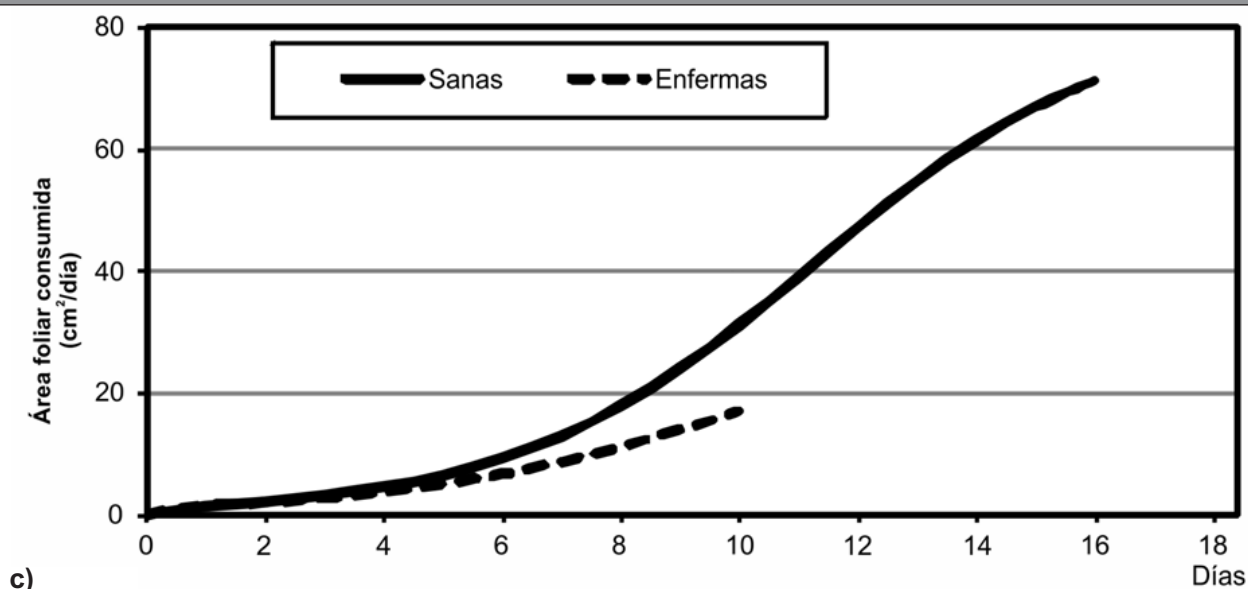
Esto destaca que el tratamiento de biocontrol debería estar dirigido especialmente a larvas pequeñas, para reducir en mayor medida los daños ocasionados por el gusano cogollero.

En la Figura 3 se presenta la variación diaria del consumo de área foliar por larva, discriminando el comportamiento de las orugas sanas y enfermas inoculadas a los tres (A) y siete días (B) de desarrollo.

En la Figura 3A se destaca que hasta alrededor de los siete días, los niveles de consumo foliar de las larvas

inoculadas a los tres días de haber nacido resultaron relativamente bajos, en coincidencia con lo señalado en la bibliografía (Sparks, 1979). Además, no se encontraron diferencias sustanciales en la capacidad de alimentación diaria de larvas sanas e infectadas, registrando ambas un pico de consumo en el cuarto día del ensayo.

A partir del séptimo día, comenzaron a manifestarse las diferencias entre el comportamiento de las orugas sanas y el de las que habían sido infectadas con el VPNSf aislamiento Leales. Mientras que en las enfermas el consumo decayó rápidamente hasta su muerte, en las orugas sanas se registró un aumento creciente de su



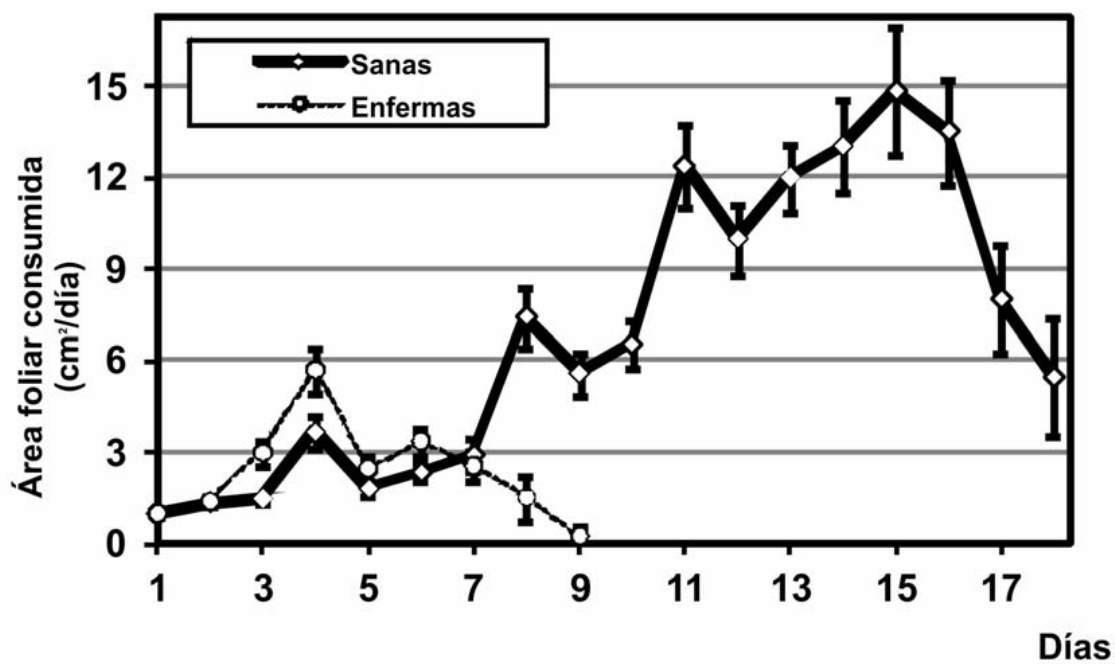
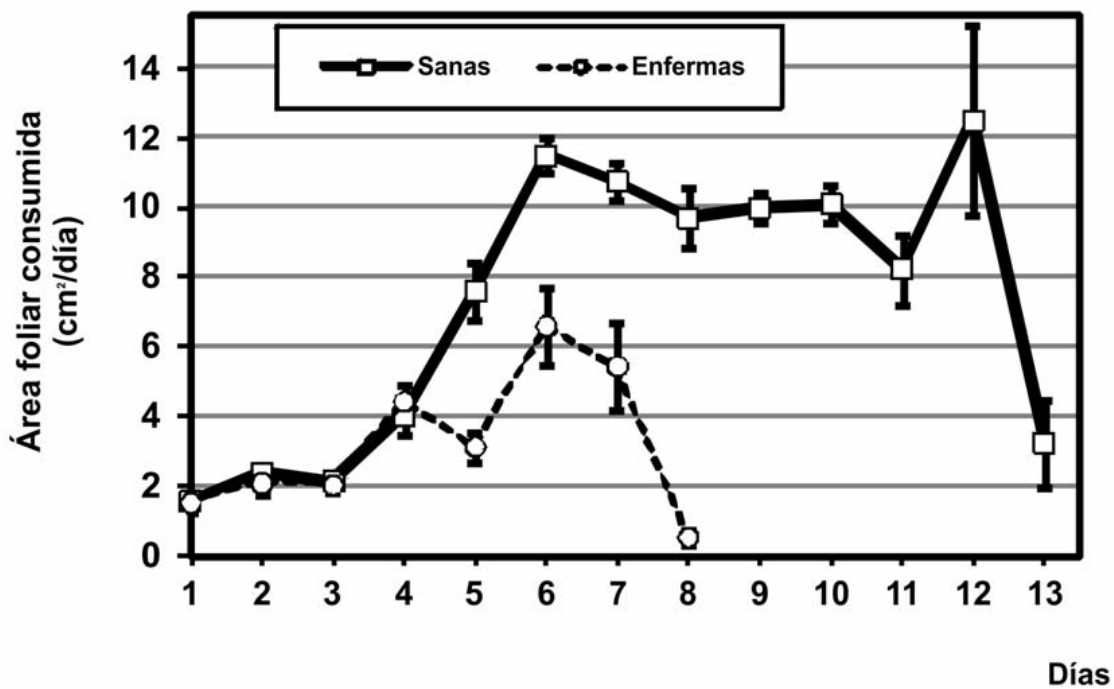


Figura 3. Evolución de la tasa diaria de consumo foliar de larvas de *S. frugiperda* sanas e infectadas con VPNSf aislamiento Leales, a los tres (a) y siete (b) días de nacidas. Se indican los valores promedio de la muestra de larvas sanas e infectadas evaluadas; las barras indican el error estándar.

capacidad diaria de alimentación entre el 7° y 15° día, observándose el máximo consumo entre el 11° y 15° día; además, cada pico de alimentación estuvo precedido por una fase de menor actividad previa a cada muda. Luego del día 15, el consumo diario decayó progresiva y marcadamente hasta alcanzar el estado de pupa.

En la Figura 3B se observa que al inocularse larvas de siete días, en los cuatro primeros días el consumo fue prácticamente igual al de las larvas sanas, pero a partir del cuarto día y hasta el séptimo día, continuaron alimentándose aunque a un menor ritmo que estas últimas, para luego registrarse una rápida disminución en el con-

sumo, hasta su muerte. Las larvas sanas, en cambio, mostraron un marcado incremento del consumo foliar, como fuera también observado por Sparks (1979) y Valerio (1997), que solamente se redujo periódicamente antes de las mudas y que continuó hasta el día 12 del ensayo, a partir del cual se produjo una caída definitiva del consumo hasta que las larvas alcanzaron el estado de pupa.

En las condiciones de estos bioensayos, los resultados refuerzan la conveniencia de realizar la aplicación del baculovirus cuando la mayoría de las orugas tiene de tres a cinco días de desarrollo, a fin de asegurar una reducción del consumo o daño foliar de alrededor del 85%. En esta situación, las orugas aún no habrían provocado un nivel de daño de importancia al cultivo y, además, requerirían de una menor concentración viral para enfermarse (Yasem de Romero *et al.*, 2009).

Los resultados presentados muestran la significativa reducción del área foliar consumida y del período de alimentación que provoca la infección con VPNSf aislamiento Leales en las larvas de *S. frugiperda*, evidenciando el potencial de este baculovirus nativo como agente biológico en el manejo del gusano cogollero. Al ser un patógeno selectivo, permitiría la acción complementaria de otros enemigos naturales (predadores y parasitoides), a fin de mantener la población de la plaga por debajo del nivel de daño económico. Se hace necesario ahora continuar estos estudios con ensayos de campo para ajustar y validar el empleo comercial del baculovirus.

CONCLUSIONES

Los resultados destacan la conveniencia de realizar la aplicación del VPNSf aislamiento Leales cuando la mayoría de las larvas está en su tercer a quinto día de desarrollo, para así obtener una reducción del daño foliar del 85%. Asimismo, muestran que aun cuando las larvas son expuestas al baculovirus a una edad más avanzada (siete a nueve días), se logra una reducción considerable (65%) del consumo foliar. Estos resultados deben ser validados con ensayos a campo, de modo que pueda finalmente proponerse el uso de VPNSf para el manejo de *S. frugiperda* en cultivos de maíz en el Noroeste Argentino.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Ascencio, J. 2000. Características botánicas y fisiológicas de la planta: fisiología de la planta de maíz. En: Fontana, H. y C. González (eds.), El maíz en Venezuela. Fundación para La Investigación Agrícola Danac, Caracas, Venezuela, pp. 33-64.

Azevedo, R.; A. D. Grützmacher; J. Martins; F. da Silva e M. Herpich. 2001. Efeito de diferentes épocas e número de aplicações de inseticida no controle da lagarta do cartucho em milho no agroecossis-

tema de várzea. En: Anais Reunião Técnica Anual do Milho Fepagro, 46, Porto Alegre, Brasil, pp. 4.

Berta, D. C.; E. G. Virla; M. V. Colombo y L. Valverde. 2000. Efecto en el parasitoide *Campoletis grioti* de un insecticida usado para el control de *Spodoptera frugiperda* y aportes a la bionomía del parasitoide. Manejo Integr. Plagas 57: 65-70.

Cruz, I. 1995. A lagarta do cartucho na cultura do milho. Circ. Tec. Cent. Nac. Pesqui. Milho Sorgo (21): 1- 45.

Flexner, J. L. 2000. Viruses. En: Abstract Book 1, International Congress of Entomology, 21, Foz do Iguaçu, Brazil, pp. 1.

Grützmacher, A. D.; G. R. Busato; M. García; F. Giolo e A. Martins. 2001. Consumo de area foliar de milho por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) oriundas de diferentes regiões do Rio Grande do Sul. En: Anais Reunião Técnica Anual do Milho Fepagro, 46, Porto Alegre, Brasil, pp. 5.

Lobo de Souza, M. y R. Lecuona. 1996. Virus entomopatógenos. En: Lecuona, R. (ed.), Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga, Editorial Talleres Gráficos Mariano Mas, Buenos Aires, R. Argentina, pp. 73-86.

López, G. M. y G. Oliverio. 2010. La agricultura argentina al 2020. Fundación Producir Conservando, Buenos Aires, R. Argentina.

Moraes Ribeiro, B. 1994. Baculovirus. II Curso Controle Microbiano de Insetos. Departamento de Biología Celular, Laboratorio de Microscopía Electrónica, Universidad de Brasilia, Brasilia DF, Brasil.

Moscardi, F. 1986. Uso de virus no controle de pragas. En: Anais Encontro Sul-Brasileiro de Controle Biológico de Pragas, 1, Passo Fundo/RS, Brasil, 1986, pp. 191-262.

Murúa, M. G. y E. G. Virla. 2004. Presencia invernal de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el área maicera de la provincia de Tucumán, Argentina. Rev. Fac. Agron. (UNLP) 105 (2): 46-52.

Pérez Montesbravo, E. 2001. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz. [En línea]. Disponible en <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm> (consultado 2 enero 2003).

Sosa-Gómez, D. R; F. Moscardi; B. Santos; L. F. A. Alves e S. B. Alves 2008. Produção e uso de vírus para o controle de pragas na América Latina. En: Alves, S. B. e R. Biaggioni Lopes (eds.), Controle microbiano de pragas na América Latina, Editorial FEALQ, Piracicaba, SP, Brasil, pp. 49-68.

Sparks, A. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. Fla. Entomol. 62 (2): 82-87.

Stacey, A.; L. Young and W. C. Yearian, 1977. Effect of larval age and mortality level on damage to cotton by

- Heliothis zea* infected with *Baculovirus heliothis*. J. Econ. Entomol. 70 (3): 383-386.
- Storer, N. P.; J. M. Babcock; M. Schlenz; T. Meade; G. D. Thompson; J. W. Bing and R. M. Huckaba. 2010.** Discovery and characterization of field resistance to Bt maize: *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico. J. Econ. Entom. 103 (4): 1031-1038.
- Valerio, J. R. 1997.** Lagartas das pastagens. [En línea]. Disponible en www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/divulga/divulga_pdf/gdcd26.pdf (consultado 12 junio 2008).
- Valicente, F. 1988.** Consumo foliar da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) infectada com vírus de granulose ou de poliedrose nuclear. An. Soc. Entomol. Brasil 17 (2): 347-357.
- Valicente, F. H. e I. Cruz. 1991.** Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculovirus. Circular Técnica Embrapa/CNPMS (15). Embrapa, Sete Lagoas, Brasil.
- Viana, P. A. e M. R. Potenza. 2000.** Avaliação de antibiose e não preferência em cultivares de milho selecionados com resistencia a lagarta do cartucho. Fitosanida de Bragantia, Campinas 59 (1): 27-33.
- Willink, E.; V. Osores y M. Costilla. 1991a.** El gusano "cogollero" del maíz. Avance Agroind. 12 (45): 3-7.
- Willink, E.; V. M. Osores y M. A. Costilla. 1991b.** El gusano cogollero: nivel de daño económico. Avance Agroind. 12 (46): 25-26.
- Yasem de Romero, M. G.; E. Romero; D. Sosa Gómez y E. Willink. 2009.** Evaluación de aislamientos de baculovirus para el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) Lep.: Noctuidae, plaga clave del maíz en el noroeste argentino. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 86 (2): 7-15.
- Yu, S. J. 1991.** Insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Pest Biochem. Physiol. 39: 84-91.
- Zenner de Polania, I.; H. A. Arévalo Maldonado; R. Mejía Cruz and J. L. Díaz Sánchez. 2009.** *Spodoptera frugiperda*: response of different populations to the Cry 1 Ab toxin. Rev. Colomb. de Entomol. 35 (1): 34-41.