CAPÍTULO 5.
Selección de dosis y frecuencias de aplicación del bioplaguicida a base del nucleopoliedrovirus de *Spodoptera frugiperda* (NPV003)

PAOLA CUARTAS cPh.D., JULIANA GÓMEZ cPh.D., LIZETH TABIMA B.Sc.,
JUDITH GUEVARA cPh.D., fernando valicente Ph.D., LAURA VILLAMIZAR Ph.D.

Introducción

Las características de patogenicidad y virulencia propias de muchos baculovirus hacen de ellos importantes agentes de control de plagas de importancia económica. En la actualidad, el uso de bioplaguicidas a base de estos virus ha comenzado a surgir como una alternativa más eficiente y ambientalmente segura (Caballero y Williams, 2008). Para garantizar su efectividad, dentro del desarrollo de dichos productos se deben establecer tanto su eficacia como los parámetros adecuados para su aplicación en campo. Entre estos parámetros, es de gran importancia determinar las dosis adecuadas para el uso del bioplaguicida y su frecuencia de aplicación (Caballero *et al.*, 2001).

Es necesario tener en cuenta que la dosis y la frecuencia de aplicación en este tipo de productos dependen directamente de la patogenicidad del virus, de la población de la plaga, de la fenología del cultivo y de los hábitos alimenticios del insecto plaga, entre otros factores. Es por esto que para definir los parámetros adecuados para su uso en cultivos comerciales es preciso evaluar el producto bajo condiciones de casa de malla y campo que simulen las condiciones reales a las que se expondrá, incluyendo las condiciones ambientales y las fluctuaciones poblacionales de la plaga (Prater *et al.*, 2006; Gupta *et al.*, 2007; Grzywacz *et al.*, 2008).

Como la cantidad de cuerpos de inclusión utilizados en la aplicación de la dosis sugerida determina directamente los costos de producción del bioplaguicida, se busca establecer la menor dosis del producto que tenga alta eficacia para el control de la plaga. Así mismo, la frecuencia de aplicación dependerá de la persistencia de los cuerpos de inclusión en las hojas del cultivo, la eficiencia en la transmisión del virus de las larvas infectadas a las sanas y el ritmo de crecimiento del cultivo (Caballero y Williams, 2008). Por lo anterior, en el presente capítulo se busca evaluar la eficacia del bioplaguicida bajo condiciones de campo en parcelas pequeñas de agricultores, con el fin de seleccionar la dosis y la frecuencia de aplicación adecuadas para el uso del producto.

Materiales y métodos

Determinación de la actividad biocontroladora del producto en casa de malla

En el Centro de Investigación La Libertad de Corpoica, ubicado en el kilómetro 21 vía Puerto López, departamento del Meta, se llevó a cabo un experimento para evaluación del bioplaguicida bajo condiciones de casa de malla (Figura 30).

Figura 30. Ensayo en casa de malla para la evaluación del bioplaguicida a base de NPV en el C.I. La Libertad.

Los tratamientos consistieron en el producto reconstituido a diferentes concentraciones (5×10^6, 1×10^7 y 5×10^7 CI/g), estas mismas concentraciones del virus sin formular y un testigo absoluto. La unidad experimental fue una bolsa plástica de 1 libra de capacidad, en la que se sembraron dos semillas de maíz para un total de 120 bolsas. Se utilizaron tres repeticiones, cada una de las cuales consistió en 10 unidades experimentales para un total de 30 plantas por tratamiento. Los grupos de 30 plantas por tratamiento se asperjaron con los tratamientos reconstituidos en agua mediante la atomización de 5 mL de suspensión por planta empleando un aerógrafo a una presión de 40 psi. Esta aplicación se realizó en un lugar aislado de la casa de malla con el fin de evitar contaminación cruzada. Inmediatamente después de la aplicación se ubicó en cada planta una larva de segundo instar de *S. frugiperda*.

Dentro de la casa de malla, las bolsas se organizaron utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las evaluaciones se realizaron a los 7 y 14 días después de la aplicación. Para esto, se muestreó cada planta y se evaluó el daño fresco en la última hoja formada (Figura 31), determinando la presencia de manchas translúcidas en esta hoja, así como la presencia de daño en el cogollo y la presencia de larvas o de excrementos frescos. Con estos resultados se calculó el porcentaje de eficacia del bioplaguicida, expresado como la reducción en el daño fresco causado por *S. frugiperda*, utilizando la siguiente fórmula:

$$Eficacia\ (\%) = a - b$$

En donde "a" es el porcentaje de plantas con daño fresco ocasionado por *S. frugiperda* en el testigo y "b" es el porcentaje de plantas con daño fresco ocasionado por *S. frugiperda* después del tratamiento.

Figura 31. Daño fresco en plantas de maíz causado por larvas de *Spodoptera frugiperda.*

El ensayo contó con una repetición en el tiempo, utilizando únicamente la concentración intermedia de 1 x 10^7 CI/g tanto de producto como de virus. Se utilizó la misma metodología mencionada anteriormente, pero la casa de malla contó con algunas modificaciones. Los datos de porcentaje de daño y porcentaje de eficacia fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) y los promedios fueron comparados mediante la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95% mediante el programa Statistix 8.1.1.0.

Determinación de la actividad biocontroladora del preformulado bajo condiciones de campo en fincas de agricultores

La evaluación del bioplaguicida se llevó a cabo en dos fincas de agricultores ubicadas en el municipio de Puerto Gaitán y en el municipio de Puerto López, departamento del Meta.

En la parcela de Puerto Gaitán (Ensayo 1) se sembraron plantas de maíz del híbrido 138 de Fenalce y en la parcela de Puerto López (Ensayo 2) se sembraron plantas variedad Pionner K 33. El cultivo se revisó cada tercer día para determinar la germinación de las plantas y el momento adecuado de la aplicación de los tratamientos mediante muestreos de vigilancia.

Los tratamientos consistieron en el bioplaguicida utilizando la dosis seleccionada en el ensayo anterior que para un área de 50 m^2, correspondió a 3,75 g por parcela o 750 g/ha. Se evaluó también una dosis inferior correspondiente a la mitad de la dosis (1,87 g/parcela o 375 g/ha) y otra superior consistente en el doble de la seleccionada (7,50 g/parcela o 1.500 g/ha). También se incluyó un testigo químico utilizando el producto Match® de Syngenta (Lufenuron), que cuenta con registro ICA y un testigo absoluto donde no se realizaron aplicaciones de productos biológicos ni químicos.

En cada uno de los muestreos se determinó el porcentaje de daño fresco causado por las larvas presentes naturalmente. Se partió de un umbral de acción del 15% de plantas con daño fresco para realizar la aplicación de las medidas de control. Con el fin de determinar el nivel de daño fresco, se realizó un seguimiento semanal del cultivo examinando 50 plantas al azar por parcela/repetición. Sobre cada planta se muestreó la última hoja formada determinando el porcentaje de plantas con daño fresco antes y después de la aplicación de

los tratamientos. La unidad de muestreo en cada planta fue la primera hoja formada del cogollo, como se mencionó en la metodología anterior (Figura 31).

En los dos experimentos se utilizó un diseño en bloques completos al azar, realizando tres repeticiones por tratamiento consistentes cada una en una parcela de 50 m^2 con 5 surcos de 10 m (Figura 32). En cada parcela se muestrearon 50 plantas al azar distribuidas en los tres surcos centrales. Todas las parcelas utilizadas tuvieron las prácticas agronómicas usadas comúnmente de riego, fertilización y control de malezas para este cultivo.

Sobre el total de plantas muestreadas y el número de plantas con daño fresco se determinó el porcentaje de plantas con daño fresco y el porcentaje de eficacia de los tratamientos evaluados mediante la fórmula de Abbot.

$$\% \textit{ Eficacia} = ((a - b) / a) \times 100$$

En donde "a" es el porcentaje de plantas con daño fresco ocasionado por *S. frugiperda* en el testigo y "b" es el porcentaje de plantas con daño fresco ocasionado por *S. frugiperda* después del tratamiento. Las lecturas se realizaron siete días después de cada aplicación. Los datos obtenidos de porcentaje de daño y porcentaje de eficacia fueron sometidos a ANAVA para determinar efectos significativos de los tratamientos, y los promedios fueron comparados mediante la prueba de DMS con un nivel de confianza de 95% con el programa Statistix 8.1.1.0.

Los datos de producción de cosecha del cultivo ubicado en la finca de Puerto Gaitán se determinaron midiendo el rendimiento expresado como la cantidad de grano obtenido por área cultivada (kg/ha). Los resultados se sometieron a un análisis de varianza ($p > 0,05$) mediante el programa Statistix 8.1.1.0.

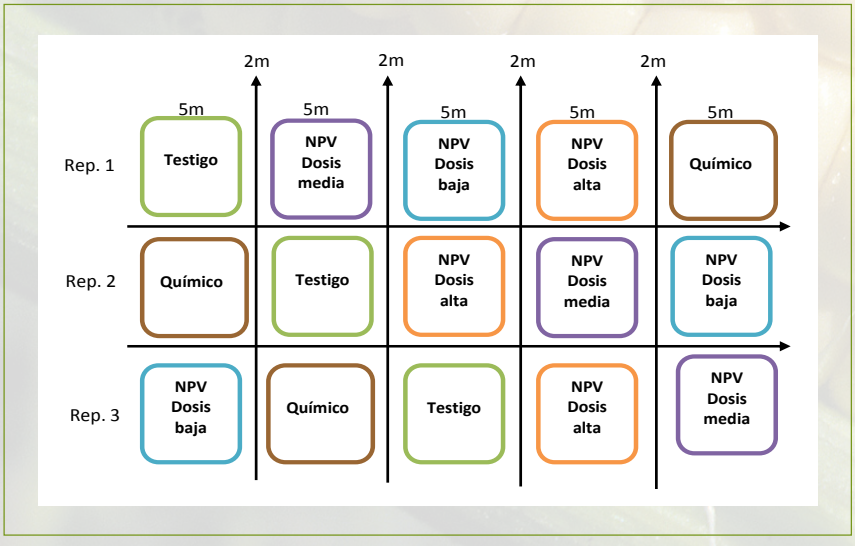

Figura 32. Distribución de las parcelas en campo para evaluación de la eficacia del bioplaguicida a base de NPV003 para el control de *S. frugiperda* en cultivos de maíz

Resultados y discusión

Determinación de la actividad biocontroladora del bioplaguicida en casa de malla

La eficacia del bioplaguicida en casa de malla se determinó mediante la evaluación del daño en la última hoja formada en plantas de maíz después de 7 y 14 días de la aplicación. Los tratamientos donde se aplicó el bioplaguicida y el virus sin formular presentaron valores de daño fresco que oscilaron entre el 30% y el 90%, mientras que en el control se obtuvieron valores de daño del 100% (Figura 33). El daño fresco en el tratamiento control donde no se aplicó virus fue significativamente mayor ($p < 0,05$) que el de los tratamientos, a excepción del obtenido con la dosis más baja del virus formulado a los 7 días después de la aplicación. Este resultado sugiere que tanto el virus formulado como el virus sin formular ejercieron un control eficiente de la plaga.

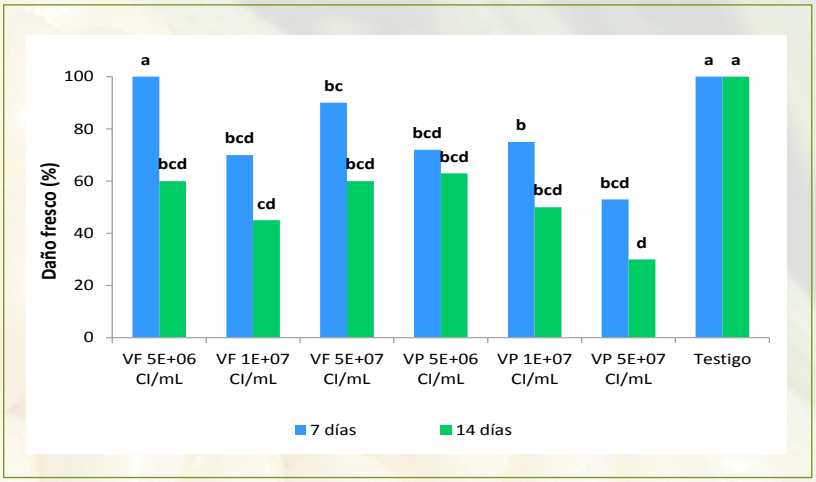

Figura 33. Efecto de la aplicación del virus formulado y sin formular sobre el nivel de daño fresco causado por *S. frugiperda* en plantas de maíz en casa de malla 7 y 14 días después de la aplicación. VF: virus formulado, VP: virus puro sin formular (Tukey 95%).

En las plantas del tratamiento testigo el daño causado por *S. frugiperda* fue evidente (Figura 34), entretanto que en los tratamientos con virus se obtuvieron plantas sanas y larvas muertas por el virus.

En cuanto a los valores de eficacia, estos oscilaron entre el 36% y el 76% (Figura 35), obteniéndose la mayor eficacia con el virus sin formular a la mayor concentración (5×10^7 CI/mL). La prueba de comparación de medias de Tukey detectó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los valores de eficacia obtenidos con el virus sin formular a la mayor concentración (76,53%) y la eficacia del virus formulado y sin formular a la menor concentración (40,73%), lo que sugiere que la dosis sí ejerció un efecto directo sobre la variable respuesta. Sin embargo, no se detectaron diferencias entre la eficacia del virus formulado y sin formular, lo que indica que la formulación no tuvo un efecto significativo sobre la eficacia del virus.

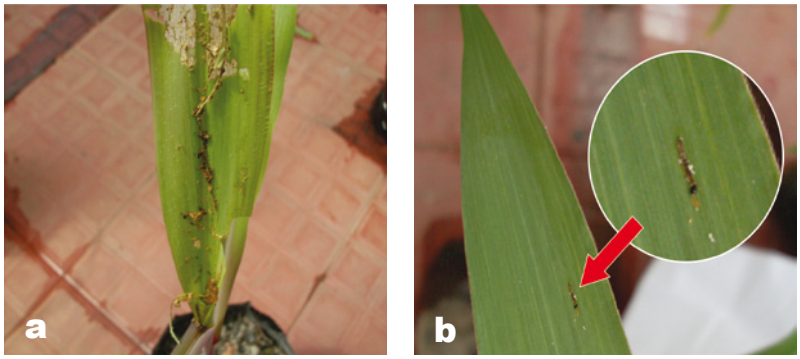

Figura 34. a. Daño causado por larvas de *S. frugiperda* en plantas de maíz del tratamiento testigo**. b.** Larva de *S. frugiperda* muerta por acción del virus en plantas que fueron aplicadas con el virus formulado.

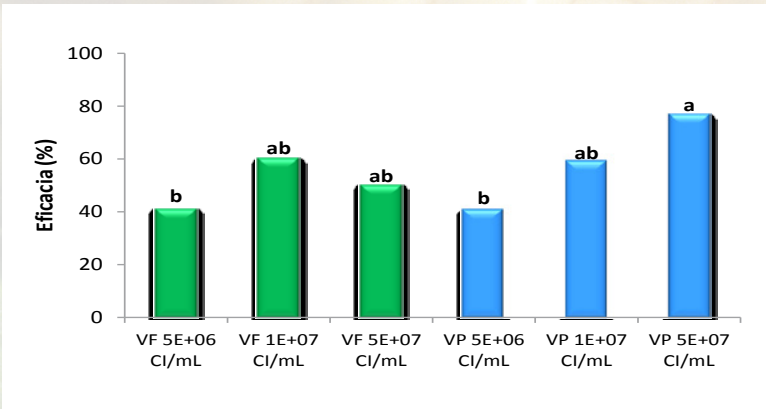

Figura 35. Eficacia del virus formulado y sin formular 14 días después de la aplicación en casa de malla. VF: virus formulado, VP: virus puro sin formular (Tukey 95%).

Con base en los resultados obtenidos se seleccionó la concentración 1 x 10^7 Cl/mL como la más adecuada, ya que fue la dosis más baja que ejerció un control efectivo de la plaga en los dos días de evaluación; además, dicha concentración es viable desde el punto de vista económico y ecológico. Cabe resaltar que en este ensayo se observó una alta variabilidad de los datos, posiblemente debido al equipo de aspersión utilizado, el cual producía un cono de aspersión muy cerrado reduciendo el área de cubrimiento. Adicionalmente, la casa de malla se construyó dentro de un invernadero que tenía tejas blancas cubiertas con polisombra, evitando el paso directo de los rayos solares y reduciendo la temperatura, condiciones ambientales diferentes a las encontradas en campo.

Teniendo en cuenta lo anterior y con el fin de corroborar los resultados obtenidos, se estableció un nuevo ensayo empleando únicamente la concentración de 1 x 10^7 CI/g tanto de virus formulado como sin formular. La casa de malla se modificó cambiando las tejas blancas por tejas transparentes y retirando la polisombra, permitiendo el aumento de la temperatura (rango: 31 ± 3 °C) y la humedad (promedio 77,3%), simulando las condiciones registradas en campo. Teniendo en cuenta que el aumento de la temperatura puede acelerar el proceso de infección viral y favorecer el ciclo de vida del insecto, se realizó así mismo la lectura de los resultados a los 4, 7 y 11 días después del montaje.

Con el bioplaguicida y el virus sin formular bajo estas condiciones se presentaron valores de daño fresco que oscilaron entre el 2% y el 17%, mientras que en el tratamiento control se obtuvo un daño del 90% 11 días después de la aplicación (Figura 36). El daño fresco en el testigo fue significativamente mayor que el de los tratamientos ($p< 0,05$) en las dosis de evaluación, lo que nuevamente sugiere que la aplicación de NPV ejerce un control eficiente de la plaga en plantas de maíz.

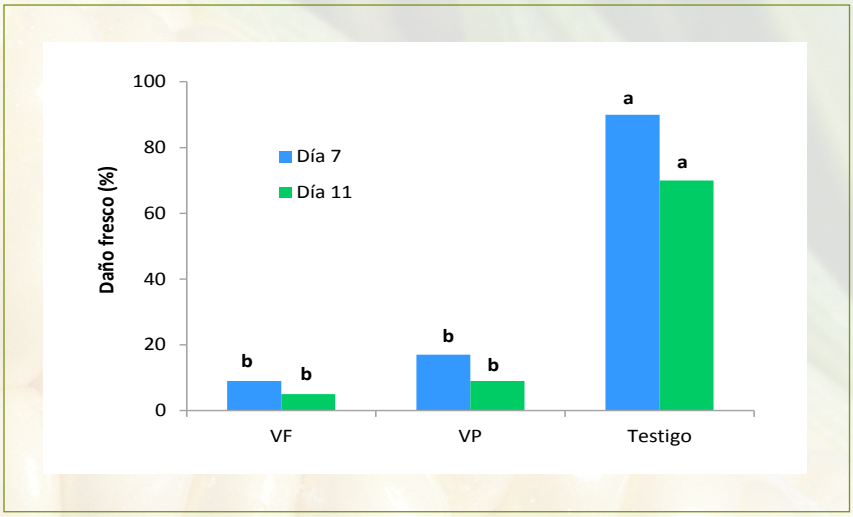

Figura 36. Efecto de la aplicación del nucleopoliedrovirus de *S. frugiperda* formulado y sin formular sobre el nivel de daño fresco en plantas de maíz en casa de malla (Puerto López – Meta). VF: virus formulado, VP: virus puro sin formular (Tukey 95%).

En cuanto a la eficacia al día 11 después de la aplicación, se obtuvieron valores del 60% y el 65% para el virus sin formular y formulado respectivamente, y no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p> 0,05$) confirmando que la formulación no tuvo efecto alguno sobre la eficacia del agente biocontrolador bajo condiciones de casa de malla.

Cabe resaltar que en los dos bioensayos se encontraron larvas muertas por infección viral a partir del cuarto día, confirmando que la muerte se produjo por la acción del virus (Figura 37).

Figura 37. Larvas de *S. frugiperda* muertas por infección viral

Otros autores han evaluado la eficacia de nucleopoliedrovirus para el control de diferentes insectos bajo condiciones de casa de malla o invernadero. Tal es el caso de Bianchi *et al.* (2000) quienes evaluaron el control ejercido por un aislamiento de NPV sobre larvas de *Spodoptera exigua* en crisantemos. Al igual que en el presente trabajo, se demostró que el uso de NPV disminuyó significativamente el daño causado sobre los pétalos y hojas de crisantemos por larvas de segundo y tercer instar en condiciones de invernadero. Los resultados de laboratorio realizados previamente también habían demostrado la eficacia del virus a las concentraciones evaluadas, lo cual también se evidenció en este estudio.

En el 2007, Lasa y colaboradores realizaron un estudio en casa de malla para probar la efectividad de una formulación de NPV sobre *S. exigua* en plantas de pimienta. La variable evaluada fue la mortalidad de larvas, encontrando que el virus formulado produjo una mortalidad de larvas significativamente mayor que el virus sin formular. Esto pudo deberse a la protección que confiere la formulación al virus contra factores como la luz ultravioleta, ya que a pesar de la estructura plástica que cubre los invernaderos la radiación ingresa hasta el nivel de las plantas pudiendo ocasionar daños en el genoma viral (Lasa *et al.*, 2007).

Determinación de la actividad biocontroladora del preformulado bajo condiciones de campo en parcelas de agricultores

Ensayo 1

Ubicación: km 92 vía Puerto Gaitán
Fecha: segundo semestre de 2010
Condiciones climáticas: temperatura promedio: 28 °C / humedad promedio: 85% – 90%.

Después de los muestreos de vigilancia, se determinó que para los días 25 y 33 después de la siembra (dds) el nivel de daño por cogollero era superior al umbral establecido (mayor al 15%) y se realizó la aplicación de los tratamientos (Figura 38). El nivel de daño fresco inicial por cogollero (25 dds) fue del 19%. A los 33 y 40 dds el daño fresco en las parcelas testigo en las que no se realizó la aplicación de ningún producto para el control de *S. frugiperda*, se mantuvieron entre el 13,3% y el 20%. Estos valores fueron relativamente bajos, comparados con el nivel de daño descrito en otros estudios sobre cultivos de maíz, el cual oscila entre el 25 y el 95% (Fernández, 2001; Sosa, 2002; Garcés *et al*., 2009). No obstante, estos porcentajes pueden considerarse de alto impacto económico si el daño foliar es alto e incluye afectación del verticilio de la planta, que como consecuencia pueden detener su crecimiento e incluso ocasionar la muerte de la planta (García y Pulido, 1988; Fernández *et al*., 2001).

Figura 38. Lote experimental de maíz para evaluación del bioplaguicida a base de nucleopoliedrovirus para el control de *S. frugiperda* en Puerto Gaitán (Meta).

Al comparar el porcentaje de daño fresco ocasionado por *S. frugiperda* en la etapa inicial del cultivo y el porcentaje de daño fresco a los 25 días del uso del bioplaguicida a base del nucleopoliedrovirus (40 dds, evaluación final), se observaron diferencias significativas (p= 0,0481) entre el porcentaje de daño inicial, el tratamiento control y el bioplaguicida usado a una dosis de 1.500 g/ha y el testigo químico, obteniendo un porcentaje de daño fresco menor en las parcelas tratadas con el bioplaguicida a 1.500 g/ha (3,33%) y con el producto químico (1,67%), sin encontrar diferencias significativas entre estos dos tratamientos (Figura 39).

Con respecto a la dosis intermedia (750 g/ha) y a la dosis más baja (375 g/ha), se observa una reducción del porcentaje de daño fresco con respecto al daño inicial en el cultivo y el tratamiento control, pero dicha reducción no fue estadísticamente significativa.

Por último, el porcentaje de daño ocasionado por *S. frugiperda* en los tratamientos en los cuales se aplicó el bioplaguicida fue dependiente de la dosis aplicada (Figura 39), lo cual indica que existe una relación directa entre la dosis viral y la mortalidad larval, y por tanto se observan menores porcentajes de daño fresco en las plantas aplicadas a la mayor concentración del bioplaguicida. Estos resultados sugieren que los dos productos (biológico a la dosis más alta y químico) fueron igualmente eficientes para controlar el

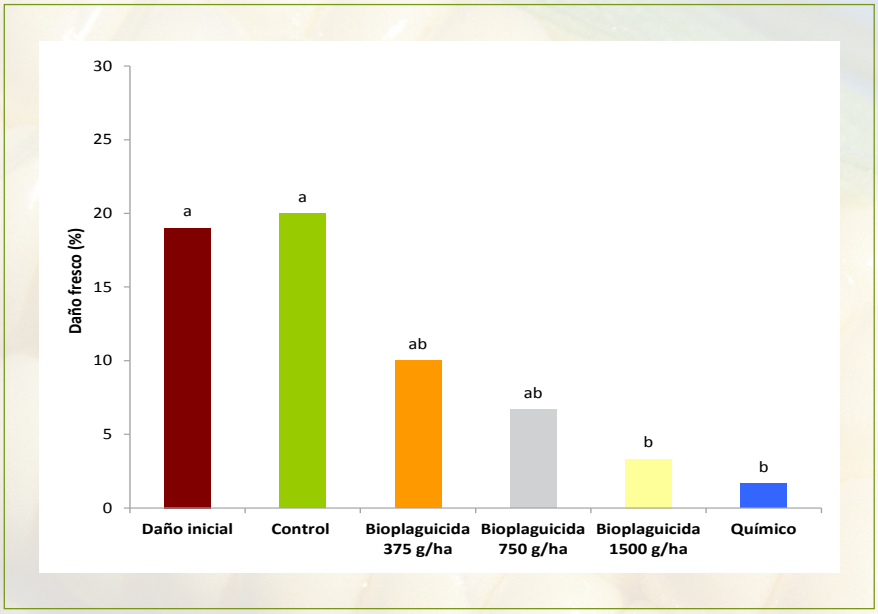

Figura 39. Daño fresco causado por *S. frugiperda* en plantas de maíz. Evaluación del bioplaguicida a base de NPV 40 dds (evaluación final) en la parcela experimental de Puerto Gaitán (Meta). Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias según prueba de comparación múltiple de medias DMS (95%) (p= 0,0481).

daño causado por *S. frugiperda.*

Con respecto a la eficacia, esta se determinó empleando los niveles de daño registrados en la última lectura (40 días después de siembra), obteniendo los siguientes valores:

- Bioplaguicida (375 g/ha): 50%
- Bioplaguicida (750 g/ha): 66,7%
- Bioplaguicida (1.500 g/ha): 83,3%
- Químico: 91,6%

Nuevamente se observó el efecto directo de la dosis sobre la actividad del bioplaguicida, obteniéndose la mayor eficacia con la dosis de 1,5 kg/ha, la cual no fue estadísticamente diferente de la obtenida con el producto químico a la dosis recomendada.

Ensayo 2

Ubicación: km 12 vía Villavicencio - Puerto López
Fecha: segundo semestre de 2010
Condiciones climáticas: temperatura promedio 26 °C / humedad promedio: 75% - 85%

Después de los muestreos de vigilancia, se determinó que para los días 25 y 33 después de la siembra el nivel de daño por cogollero era superior al umbral establecido (mayor al 15%) y se realizó la aplicación de los tratamientos (Figura 40).

Figura 40. Lote experimental de maíz para evaluación del bioplaguicida a base de nucleopoliedrovirus para el control de *S. frugiperda* en Puerto López (Meta).

El nivel de daño fresco inicial en las parcelas fue del 33%. A los 32 y 39 días después de la siembra, las parcelas del tratamiento testigo en el que no se realizó la aplicación de ningún producto para el control de *S. frugiperda* presentaron niveles entre el 23% y el 25%.

Al comparar el porcentaje de daño fresco ocasionado por *S. frugiperda* en la etapa inicial del cultivo y el porcentaje de daño fresco a los 30 días del uso del bioplaguicida (45 dds, evaluación final) se observaron diferencias significativas (p= 0,0046) entre el porcentaje de daño inicial, el tratamiento control y el bioplaguicida usado a una dosis de 750 y 1.500 g/ha. Se obtuvo un porcentaje de daño fresco menor en las parcelas tratadas con el bioplaguicida a 750 g/ha (6,25%) y a 1.500 g/ha (6,25%), sin presentar diferencias significativas entre estos (Figura 41).

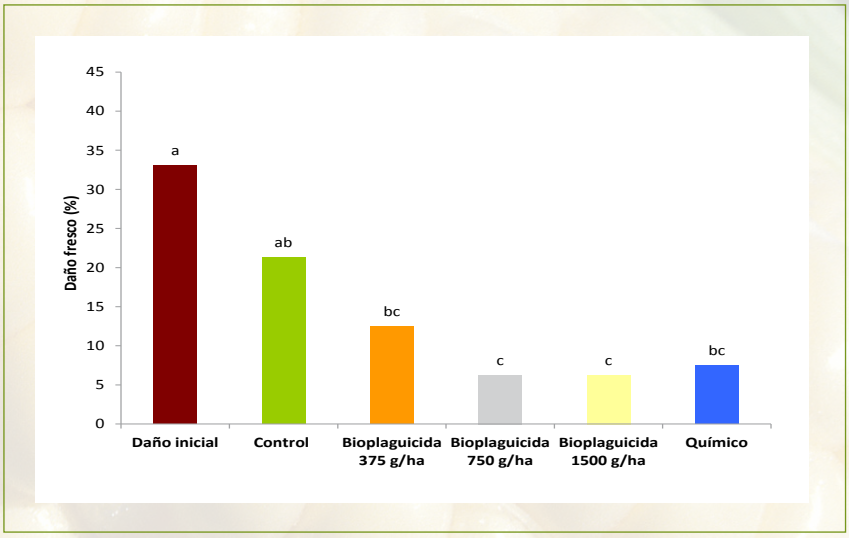

Figura 41. Daño fresco causado por *S. frugiperda* en plantas de maíz. Evaluación del bioplaguicida 45 dds (evaluación final) en la parcela experimental de Puerto López (Meta). Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias según prueba de comparación múltiple de medias DMS (95%) (p= 0,0046).

Con respecto a la dosis intermedia (750 g/ha), se encontró un porcentaje de daño del 12,5%, el cual fue similar al encontrado en las parcelas tratadas con el producto químico (7,50%); además, este tratamiento presentó diferencias significativas al compararlo con el porcentaje de daño inicial.

Es importante resaltar que con el bioplaguicida aplicado a la mayor dosis se encontró un menor porcentaje de daño fresco (6,25%) que el obtenido con el insecticida químico, sugiriendo una eficacia mayor con el bioinsecticida. El mejor efecto con el producto biológico podría estar relacionado con la alta presencia de otros agentes de biocontrol (parasitoides y depredadores) en las parcelas tratadas con este, que puedan estar ejerciendo un control adicional y a los que la alta especificidad del virus no los afectó (Figura 42). Estos agentes de control biológico no se detectaron en el tratamiento químico.

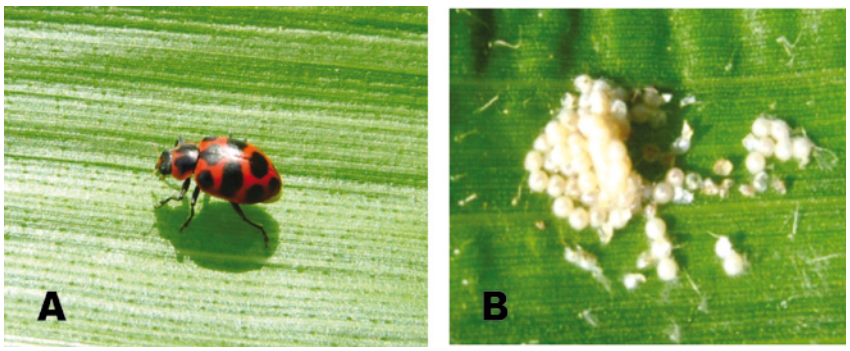

Figura 42. A. Adulto de *Coleomegilla* sp. (Coleoptera: Coccinellidae) depredador de huevos de *S. frugiperda.* **B.** Huevos de *S. frugiperda* consumidos por el insecto depredador

Al igual que en el ensayo llevado a cabo en Puerto Gaitán, se pudo observar un efecto directo de la dosis empleada sobre la reducción de daño fresco.

La eficacia se determinó empleando los niveles de daño registrados en las dos lecturas realizadas, obteniendo los siguientes valores:

- Bioplaguicida (375 g/ha): 43,92%
- Bioplaguicida (750 g/ha): 61,96%
- Bioplaguicida (1.500 g/ha): 75,29%
- Químico: 45,69%

En promedio la eficacia del bioplaguicida a la dosis más alta fue del 81% en las parcelas experimentales de maíz.

Teniendo en cuenta que la concentración del producto fue de $1x10^{9}$ Cl/g, se recomienda una dosis de aplicación en campo de $2x10^{12}$ Cl/ha, equivalente a 1,5 kg de producto por hectárea, valor que se encuentra dentro del rango de dosis recomendado

tanto para insecticidas químicos como biológicos. La dosis de $2x10^{12}$ Cl/ha es similar a la recomendada para la aplicación de otros productos base de NPV para el control de lepidópteros, como *Heliothis zea* NPV $1,5x10^{12}$ CI/Ha (Copping, 2004; citado por Grzywacz *et al.*, 2008), *Helicoverpa armigera* NPV $1,5x10^{12}$ CI/Ha (Cherry *et al.*, 1997; citado por Grzywacz *et al.*, 2008), *Spodoptera exigua* NPV $1,0x10^{12}$ CI/Ha (Federici, 1999; citado por Grzywacz *et al.*, 2008).

Otros autores han evaluado la eficacia de bioplaguicidas a base de baculovirus para el control de diferentes plagas en campo, encontrando resultados de control exitosos. Tal es el caso de Behle *et al.* (2003), quienes evaluaron una formulación a base de NPV elaborada por atomización en lecho fluido para el control de *Trichoplusia ni* en cultivos de repollo encontrando una actividad insecticida en campo del 67%, aplicando 10^{12} CI/ha. En Tanzania, Grzywacz *et al.* (2008) encontraron una reducción significativa de la población de *Spodoptera exempta* en cultivos de pastos 10 días después de la aplicación de un bioplaguicida a base de NPV a una dosis de 10^{12} CI/ha.

La aplicación del bioplaguicida a las tres dosis seleccionadas no presentó problemas en la reconstitución, no hubo separación de fases ni presencia de flóculos (grumos formados por la agregación de sólidos en suspensión) y no se detectó taponamiento de boquillas (Figura 43). Por lo tanto, se puede concluir que la suspensión fue estable, lo que indica que el ingrediente activo posiblemente se encontraba homogéneamente distribuido por todo el sistema después de la reconstitución en agua, asegurando así una aplicación adecuada.

Figura 43. Reconstitución del microencapsulado a base del nucleopoliedrovirus de *S. frugiperda* NPV003

Por último, cabe resaltar que en el presente trabajo se encontraron larvas de *S. frugiperda* con sintomatología de infección viral durante los muestreos, lo que corroboró que la mortalidad de las larvas y la protección de las plantas se debieron a la aplicación de los productos a base de baculovirus (Figura 44).

Producción

El cultivo ubicado en la finca de Puerto Gaitán fue llevado hasta la cosecha donde se midió el rendimiento expresado como la cantidad de grano obtenido por área cultivada (kg/ha) (Figura 45).

Figura 44. Larvas de *S. frugiperda* muertas por infección viral encontradas en campo

Figura 45. Cosecha de parcela experimental de maíz con aplicación del bioplaguicida a base del nucleopoliedrovirus para el control de *S. frugiperda*

Con respecto al rendimiento de grano por hectárea, para todos los tratamientos se obtuvieron valores que oscilaron entre 415 kg y 540 kg, sin presentarse diferencias significativas entre ellos según el análisis de varianza ($p > 0,05$) (Figura 46). Los resultados sugieren que la aplicación del producto biológico tuvo el mismo efecto que el químico sobre la variable rendimiento de grano.

Lo anterior pudo deberse a que la infestación de larvas de *S. frugiperda* en el cultivo no causó un daño severo a la yema apical de las plantas y por ende no se vio afectado el rendimiento. Otros autores han demostrado que en muchas ocasiones los niveles de plaga son altos pero de poca afectación a los rendimientos, puesto que las plantas son capaces de recuperarse del daño foliar causado (Fernández y Expósito, 2000).

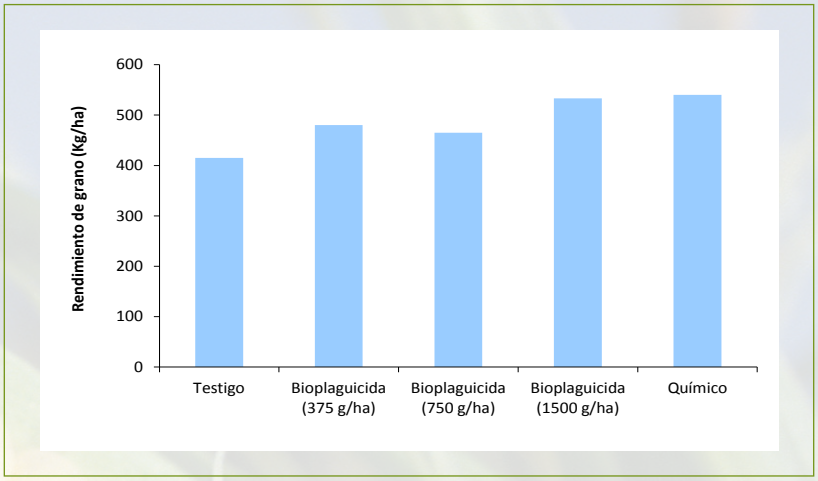

Figura 46. Rendimientos en la parcela experimental de maíz en Puerto Gaitán (Meta).

Conclusión

El bioplaguicida fue eficaz para el control de larvas de *S. frugiperda*, tanto en condiciones controladas de casa de malla como en campo en dos zonas de la altillanura colombiana. Los resultados permitieron seleccionar la dosis de 1.500 g/ha (equivalente a 10^{12} CI/ha) como la más eficiente para mantener el nivel de daño fresco causado por la plaga por debajo del umbral de impacto económico, establecido en el 30%.

Bibliografía

BEHLE, R.; TÁMEZ, P.; MCGUIRE, M. (2003). Field activity and storage stability of *Anagrapha falcifera* nucleopolyhedrovirus (AfMNPV) in spray-dried lignin-based formulations. Journal of Economic Entomology. 96 (4): 1066-1075.

BIANCHI, F.; JOOSTEN, N.; VLAK, J.; VAN DER WERF, W. (2000). Greenhouse Evaluation of Dose– and Time–Mortality Relationships of Two Nucleopolyhedroviruses for the Control of Beet Armyworm, *Spodoptera exigua,* on Chrysanthemum. Biological Control: 19(3): 252 – 258.

CABALLERO, P.; WILLIAMS, T. (2008). Capítulo 8. Virus entomopatógenos. En: Control Biológico de Plagas Agrícolas. Editorial Phytoma. ISBN: 978-84-935247-0-8. 121-135.

CABALLERO, P.; WILLIAMS, T.; LÓPEZ-FERBER, M. (2001). Capítulo 7: Capacidad insecticida de los baculovirus. En: Los baculovirus y sus aplicaciones como bioinsecticidas en el control biológico de plagas. Editorial Phytoma. ISBN: 84-932056-0-5. 204-216.

FERNÁNDEZ J. (2001). Ecología y elementos para el control biológico y cultural de insectos plagas del maíz en cuatro municipios de la provincia Granma, Cuba. Tesis Doctoral, Universidad Central de Las Villas. Cuba. 198 pp.

FERNÁNDEZ, J.; EXPÓSITO, I. (2000). Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en el cultivo del maíz en Cuba. Centro Agrícola 27: 32-38.

GARCÉS, N.; MÉNDEZ, M.; VERGARA, S.; MEZ, M.; SAAVEADRA, A. (2009). Fluctuación poblacional y daños causados por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) en maíz cultivado en el sistema de producción continua afectado por el huracán Isidoro. Publicaciones de Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 25(3):273-277.

GARCÍA, F.; PULIDO, J. (1988). Plagas del maíz y su manejo. IX Seminario Manejo de Enfermedades y Plagas del Maíz. Programa Cooperativo de investigación agrícola para la subregión andina. Palmira, Colombia.

GUPTA, R.; RAINA, J.; ARORA, R.; BALI, K. (2007). Selection and field effectiveness of Nucleopolyhedrovirus isolates against *Helicoperva armigera* (Hubner). International Journal of Virology. 3 (2): 45-59.

GRZYWACZ, D.; MUSHOBOZIB, M.; PARNELLA, M.; JOLLIFEC, F.; WILSON, K. (2008). Evaluation of *Spodoptera exempta* nucleopolyhedrovirus (SpexNPV) for the field control of African armyworm (*Spodoptera exempta*) in Tanzania. Crop Protection 27: 17-24.

LASA, R.; PAGOLA, I.; IBAÑEZ, I.; BELDA, J.; WILLIAMS, T.; CABALLERO, P. (2007). Efficacy of *Spodoptera exigua* multiple nucleopolyhedrovirus as a biological insecticide for beet armyworm control in greenhouses of southern Spain. Biocontrol Science & Technology 17, 221 - 232.

PRATER, C.; REDMOND, C.; BARNEY, W.; BONNING, B.; POTTER, D. (2006). Microbial control of Black Cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) in turfgrass using *Agrotis ipsilon* multiple nucleopolyhedrovirus. Journal of Economic Entomology. 99 (4): 1129-1137.

SOSA, M. (2002). Estimación de daño de *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz con infestación natural en tres fechas de siembra en el noreste santafesino. INTA EEA Reconquista. Información para Extensión Nº 70:39-45.