

**Reciclaje de VPN *Spodoptera frugiperda* en el  
campo para el control del gusano cogollero  
*S. frugiperda* (J. E. Smith) en el cultivo de maíz**

José Mardoqueo González Hernández

|            |       |
|------------|-------|
| MICROFIS:  | _____ |
| FECHA:     | _____ |
| ENCARGADO: | _____ |

**ZAMORANO**

Departamento de Protección Vegetal

Abril, 1999

1955

**Reciclaje de VPN *Spodoptera frugiperda* en el campo para el control del gusano-cogollero *S. frugiperda* (J. E. Smith) en el cultivo de maíz**

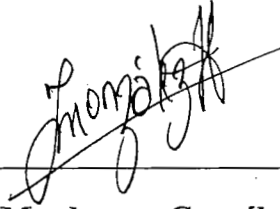
Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por:

**José Mardoqueo González Hernández**

**Zamorano-Honduras**  
Abril, 1999

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



---

**José Mardoqueo González Hernández**

**Zamorano-Honduras**  
Abril, 1999

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la felicidad y el triunfo.

A mis padres Teodora Hernández y José González (QDDG).

A mis hermanos Alejandro, Carlos y Doris.

A toda mi familia.

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por darme su apoyo durante mis años de estudios, en especial a mi madre Teodora, a mi padre José (QDDG), a mis hermanos Alejandro, Doris y Carlos. Estaré muy agradecido por siempre.

Es muy grato expresar los agradecimientos para aquellas personas que me apoyaron durante toda la carrera, en especial a mis tíos Antonia, Luis, Hilda, Miguel, Olia, Juan Carlos, Carolina, Mercedes, Coralia, Deysi, Morena, Mercedes, Teresa, Cecilia, Mario, Sonia, Familia González, Familia Hernández. Mil gracias por su apoyo.

A mi tía Olia por ser una gran persona y por ayudarme de una manera desinteresada.

A Dr. Cave por ser un excelente asesor y darme la oportunidad de continuar con mis estudios.

A Ing. Julio López y Ing. Mario Bustamante por sus consejos y su amistad.

A Ing. Trabanino por su apoyo en mi proyecto especial.

A todo el personal educativo y administrativo del DPV.

A Ing. Luis Cañas y su esposa por ayudarme de una manera desinteresada.

A mis amigos Fidel Méndez, Lex Sandoval, Francisco Ibarra, Pedro Martínez, Douglas Fuentes, Carlos Carpio, Otilia Tordoya, Yesica Hurtado por ser amigos y compañeros.

A todos mis colegas por el momento que compartimos.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A mi familia por darme las facilidades de estudiar y coronar mi carrera.

A la Comunidad Económica Europea.

A la Casa Presidencial de El Salvador.

## RESUMEN

González, José. 1998. Reciclaje de VPN *Spodoptera frugiperda* en el campo para el control del gusano cogollero *S. frugiperda* (J.E. Smith) en el cultivo de maíz. 85 p.

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, es la principal plaga del maíz en Mesoamérica. Durante muchos años el control de gusano se ha basado en la utilización de insecticidas químicos, confiriéndole resistencia. Una de las técnicas para reducir el uso de insecticidas es la aplicación de microorganismos entomopatógenos, como es el uso de VPN *Spodoptera frugiperda*. El VPN, al ser muy selectivo y no dañar a otros organismos, ha tomado mucha importancia en el control de plagas agrícolas. Sin embargo, el costo de una aplicación de VPN *S. frugiperda* es alto. Una de las alternativas para aprovechar el uso de VPN es el reciclaje del virus en el campo. Se desarrolló una metodología de reciclaje de VPN *S. frugiperda*, donde se evaluaron tres dosis de VPN *S. frugiperda* de 250 LE/ha, 500 LE/ha y 1000 LE/ha para ser recicladas. Las aplicaciones de VPN se compararon con una aplicación de insecticida. Los experimentos se realizaron en la época de postrera de 1997 y primera de 1998. En el Experimento I, la cantidad de virus recuperado fue bajo, debido a la poca cantidad de larvas en el campo. La dosis de 1000 LE/ha reciclado presentó el mayor porcentaje de infestación, pero esta diferencia no fue significativa con los demás tratamientos de VPN. La cantidad de VPN aplicado no fue proporcional a la cantidad de virus recuperado, pero sí fue proporcional al porcentaje de mortalidad por virus. En el Experimento II, se presentó un mayor número de larvas. La recolección de larvas para obtener virus reciclado se realizó a los cuatro días después de la aplicación, pero la cantidad de virus recuperado fue muy baja. Por lo tanto, el reciclaje de VPN en el campo probablemente no es factible. Se encontró que a mayor cantidad de VPN aplicado aumentó el porcentaje de mortalidad. Sin embargo, a mayor cantidad de VPN aplicado, se redujo el porcentaje de emergencia de parasitoides, por lo que posiblemente afectó su desarrollo. En el análisis económico, el costo de aplicar una hectárea de maíz con clorpirifos es de Lps. 279.33 menos que una aplicación de 250 LE/ha. Al cambiar de alternativa de control de clorpirifos a 250 LE/ha tenemos una tasa de retorno marginal de 2.6. Durante la realización de parcelas demostrativas a ocho agricultores, se observó que los principales factores para la aceptación del VPN por parte de los agricultores fueron el grado de control del cogollero, el costo de la aplicación y el precio del VPN. El tratamiento de clorpirifos presentó el mejor control. Sin embargo, el clorpirifos como el VPN redujeron los niveles de infestación en un 50% del inicial.

**Palabras claves:** Análisis económico, Baculovirus, Control biológico, Entomopatógenos, Factores de mortalidad, Parasitismo.

## CONTROLE AL COGOLLERO RECOLECTANDO VIRUS DE SU CULTIVO DE MAIZ

El gusano cogollero es una de las principales plagas del cultivo de maíz y otros cultivos agrícolas. En la naturaleza, existen muchos enemigos naturales (insectos y patógenos) que atacan las larvas del cogollero, en los cuales se encuentran avispas, bacterias, hongos y virus.

Actualmente se está tomando una mayor importancia en la aplicación de virus para el control de plagas, con el propósito de reducir el uso de plaguicidas que causan la muerte de insectos benéficos, intoxicaciones a los humanos y contaminación del ambiente. Una opción para el control del gusano cogollero es el uso del virus de la poliedrosis nuclear conocido como VPN. Las larvas que comen virus se vuelven lentas, casi no comen y se cuelgan de las patas al morir, cambiando su cuerpo a un color negro y que fácilmente se rompe, liberando el virus sobre la planta.

Actualmente en Zamorano, Honduras se está utilizando VPN para controlar al gusano cogollero, ya que solo mata el cogollero y no afecta a los humanos, aves, ni otros animales. Las aplicaciones no requieren de equipo de protección, y se realizan con una bomba de mochila.

Con el objetivo de aprovechar los recursos y las aplicaciones de VPN en el campo, se estudió la posibilidad de recolectar VPN en el campo, para ser utilizada en una segunda aplicación. Se realizaron experimentos en el maíz durante las épocas de postrera de 1997 y primera de 1998 utilizando tres dosis de VPN, que se expresa en larvas equivalentes (LE) por hectárea. También, se realizó un estudio económico comparando el uso de VPN con el uso de Lorsban (técnicamente Clorpirifos); y se realizaron parcelas demostrativas con ocho agricultores de Yuscarán.

La cantidad de virus recolectado del campo después de aplicar 250, 500 y 1000 LE/ha en postrera y primera fue muy baja, debido a la poca cantidad de larvas encontradas y al poco desarrollo de la enfermedad en las larvas. En postrera los rendimientos fueron bajos debido a que se presentó el fenómeno de El Niño, pero en primera se puede utilizar 250 o 500 LE/ha para obtener rendimientos entre 44 a 54 quintales por hectárea. En el análisis económico al aplicar 250 LE/ha el costo es de Lps. 3,882, siendo un 7.75% más costosa que el insecticida, pero este causa muerte a insectos benéficos. En las parcelas demostrativas con los agricultores, la aplicación de Lorsban (1litro por hectárea) y 500 LE/ha redujeron los niveles de infestación en un 50%. Los agricultores indicaron que buscan una alternativa que sea natural y barata.

Para obtener mayor información sobre el uso de VPN puede contactar con Dr. Ronald Cave o Ing. Nuris Acosta del Departamento de Protección Vegetal de Zamorano. P.O. Box. 93, Tegucigalpa, Honduras.

## CONTENIDO

|           |  |          |
|-----------|--|----------|
|           | Portadilla .....   | i        |
|           | Autoría .....  | ii       |
|           | Página de firmas.....  | iii      |
|           | Dedicatoria.....   | iv       |
|           | Agradecimientos.....   | v        |
|           | Agradecimiento a patrocinadores.....                             | vi       |
|           | Resumen .....  | vii      |
|           | Nota de prensa.....  | viii     |
|           | Contenido.....   | x        |
|           | Índice de cuadros.....   | xiii     |
|           | Índice de figuras.....   | xvii     |
|           | Índice de anexos.....  | xviii    |
| <b>1.</b> | <b>INTRODUCCION.....</b>   | <b>1</b> |
| 1.1       | Objetivos.....   | 2        |
| 1.2       | Objetivo general.....  | 2        |
| 1.2.1     | Objetivos específicos.....                                       | 2        |
| <b>2.</b> | <b>REVISION DE LITERATURA.....</b>                               | <b>4</b> |
| 2.1       | Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) ..... | 4        |
| 2.1.1     | Ciclo de vida y daño.....  | 4        |
| 2.1.2     | Métodos de control.....  | 4        |
| 2.2       | Uso de entomopatógenos para el control de plagas.....            | 5        |
| 2.3       | Baculovirus.....   | 5        |
| 2.3.1     | Manipulación genética y estabilidad del baculovirus.....         | 5        |
| 2.3.2     | Rangos de hospederos.....  | 6        |
| 2.4       | Virus de la poliedrosis nuclear (VPN).....                       | 6        |
| 2.4.1     | Caracterización del virus de la poliedrosis nuclear .....        | 6        |
| 2.4.2     | Modo de acción.....  | 6        |
| 2.4.3     | Síntomas de infección.....                                       | 7        |
| 2.4.4     | Persistencia.....  | 7        |
| 2.4.4.1   | Efecto de la luz.....  | 7        |
| 2.4.4.2   | Efecto de la temperatura.....                                    | 8        |
| 2.4.4.3   | Efecto de otros factores.....                                    | 8        |
| 2.4.5     | Transmisión.....   | 8        |
| 2.4.6     | Impacto ambiental.....   | 9        |
| 2.4.7     | Efecto del VPN sobre otros organismos.....                       | 9        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 2.4.7.1   | Impacto directo.....   | 10        |
| 2.4.7.2   | Impacto indirecto.....   | 10        |
| 2.4.8     | Compatibilidad con insecticidas.....                               | 10        |
| 2.4.9     | Resistencia del hospedero.....                                     | 10        |
| 2.4.10    | Efectividad.....   | 11        |
| 2.4.11    | Sistemas de producción industrial de virus.....                    | 11        |
| 2.4.11.1  | Producción industrial en larvas vivas.....                         | 12        |
| 2.4.11.2  | Producción industrial en cultivo de células del hospedero.....     | 12        |
| 2.5       | Metodología de reciclaje de VPN <i>Anticarsia gemmatalis</i> ..... | 12        |
| 2.6       | Posibilidades futuras de los virus entomopatógenos.....            | 13        |
| <b>3.</b> | <b>MATERIALES Y METODOS.....</b>                                   | <b>14</b> |
| 3.1       | Ubicación de los experimentos.....                                 | 14        |
| 3.1.1     | Prácticas agronómicas.....   | 14        |
| 3.2       | Experimento I.....   | 14        |
| 3.2.1     | Tratamientos.....  | 14        |
| 3.2.2     | Unidad experimental.....   | 15        |
| 3.2.3     | Diseño experimental.....   | 15        |
| 3.2.4     | Manejo del experimento.....  | 15        |
| 3.2.4.1   | Aplicación de los tratamientos.....                                | 15        |
| 3.2.5     | Muestreo.....  | 16        |
| 3.2.6     | Metodología de reciclaje de VPN <i>S. frugiperda</i> .....         | 16        |
| 3.2.6.1   | Manejo de las muestras.....  | 16        |
| 3.2.6.2   | Cosecha de virus.....  | 16        |
| 3.2.6.3   | Conteo de virus.....   | 16        |
| 3.2.7     | Rendimiento.....   | 17        |
| 3.2.8     | Variables a medir.....   | 17        |
| 3.3       | Experimento II.....  | 18        |
| 3.3.1     | Diseño experimental.....   | 18        |
| 3.3.2     | Manejo del experimento.....  | 18        |
| 3.3.2.1   | Aplicación de los tratamientos.....                                | 18        |
| 3.3.3     | Metodología de reciclaje de VPN <i>S. frugiperda</i> .....         | 18        |
| 3.3.3.1   | Muestreo no destructivo.....                                       | 18        |
| 3.3.4     | Muestreo.....  | 19        |
| 3.3.5     | Rendimiento.....   | 19        |
| 3.3.6     | Variables a medir.....   | 19        |
| 3.4       | Análisis estadístico de las variables.....                         | 20        |
| 3.5       | Análisis económico.....  | 20        |
| 3.6       | Parcelas demostrativas.....  | 20        |
| <b>4.</b> | <b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>                                 | <b>22</b> |
| 4.1       | Generalidades del experimento I.....                               | 22        |
| 4.1.1     | Número de larvas vivas y sus estadíos en 20 plantas.....           | 22        |
| 4.1.2     | Porcentaje de larvas muertas por virus.....                        | 24        |
| 4.1.3     | Cantidad de virus recuperado.....                                  | 28        |
| 4.1.4     | Porcentaje de emergencia de parasitoides.....                      | 31        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 4.1.5      | Número de depredadores.....                       | 31        |
| 4.1.6      | Porcentaje de mortalidad total.....               | 34        |
| 4.1.7      | Porcentaje de empupe y adultos.....               | 36        |
| 4.1.8      | Rendimiento.....                                  | 36        |
| 4.1.9      | Conclusiones.....                                 | 38        |
| 4.1.10     | Recomendaciones.....                              | 38        |
| 4.2        | Generalidades del Experimento II.....             | 39        |
| 4.2.1      | Número de larvas vivas en 20 plantas.....         | 39        |
| 4.2.2      | Porcentaje de larvas muertas por virus.....       | 41        |
| 4.2.3      | Cantidad de virus recolectado.....                | 45        |
| 4.2.4      | Porcentaje de emergencia de parasitoides.....     | 47        |
| 4.2.5      | Porcentaje de mortalidad total.....               | 47        |
| 4.2.6      | Porcentaje de empupe y adultos.....               | 47        |
| 4.2.7      | Porcentaje de daño en 20 plantas.....             | 50        |
| 4.2.8      | Rendimiento.....                                  | 54        |
| 4.2.9      | Conclusiones.....                                 | 57        |
| 4.2.10     | Recomendaciones.....                              | 57        |
| <b>5.</b>  | <b>ANÁLISIS ECONOMICO DEL RECICLAJE DE VPN S.</b> |           |
|            | <i>frugiperda</i> .....                           | 58        |
| 5.1        | Generalidades.....                                | 58        |
| 5.2        | Costos de producción.....                         | 58        |
| 5.2.1      | Presupuesto parcial.....                          | 60        |
| 5.2.2      | Análisis de dominancia.....                       | 60        |
| 5.2.3      | Análisis marginal.....                            | 64        |
| 5.3        | Conclusiones.....                                 | 65        |
| 5.4        | Recomendaciones.....                              | 65        |
| <b>6.</b>  | <b>PARCELAS DEMOSTRATIVAS.....</b>                | <b>66</b> |
| 6.1        | Generalidades.....                                | 66        |
| 6.2        | Resultados y discusión.....                       | 66        |
| 6.3        | Conclusiones.....                                 | 67        |
| 6.4        | Recomendaciones.....                              | 67        |
| <b>7.</b>  | <b>CONCLUSIONES GENERALES.....</b>                | <b>69</b> |
| <b>8.</b>  | <b>RECOMENDACIONES GENERALES.....</b>             | <b>70</b> |
| <b>9.</b>  | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>                          | <b>71</b> |
| <b>10.</b> | <b>ANEXOS.....</b>                                | <b>77</b> |

## INDICE DE CUADROS

## Cuadro

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Escala de daño para cuantificar el porcentaje de daño causado por <i>S. frugiperda</i> .....   | 19 |
| 2.  | Número de larvas vivas en 20 plantas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 23 |
| 3.  | Número de larvas del estadio I encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 25 |
| 4.  | Número de larvas del estadio II encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....   | 25 |
| 5.  | Número de larvas del estadio III encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 26 |
| 6.  | Número de larvas del estadio IV encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....   | 26 |
| 7.  | Porcentaje de larvas de <i>S. frugiperda</i> muertas por VPN en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 27 |
| 8.  | Porcentaje del total de larvas muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (estadios I-III) en el Experimento I. Se presentan las medias y EE..... | 29 |
| 9.  | Cantidad promedio de CIPs por larva recuperado después de aplicar tres dosis de VPN <i>S. frugiperda</i> en el Experimento I. Se presentan las medias y EE .....           | 28 |
| 10. | Cantidad total de CIPs /ha de tres dosis de VPN <i>S. frugiperda</i> en el Experimento I.....  | 30 |
| 11. | Porcentaje de emergencia de parasitoides en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 32 |
| 12. | Número de depredadores encontrados en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 33 |

## INDICE DE CUADROS

## Cuadro

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Escala de daño para cuantificar el porcentaje de daño causado por <i>S. frugiperda</i> .....   | 19 |
| 2.  | Número de larvas vivas en 20 plantas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 23 |
| 3.  | Número de larvas del estadio I encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 25 |
| 4.  | Número de larvas del estadio II encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....   | 25 |
| 5.  | Número de larvas del estadio III encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 26 |
| 6.  | Número de larvas del estadio IV encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....   | 26 |
| 7.  | Porcentaje de larvas de <i>S. frugiperda</i> muertas por VPN en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 27 |
| 8.  | Porcentaje del total de larvas muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (estadios I-III) en el Experimento I. Se presentan las medias y EE..... | 29 |
| 9.  | Cantidad promedio de CIPs por larva recuperado después de aplicar tres dosis de VPN <i>S. frugiperda</i> en el Experimento I. Se presentan las medias y EE .....           | 28 |
| 10. | Cantidad total de CIPs /ha de tres dosis de VPN <i>S. frugiperda</i> en el Experimento I.....  | 30 |
| 11. | Porcentaje de emergencia de parasitoides en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 32 |
| 12. | Número de depredadores encontrados en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 33 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 28. | Cantidad promedio de CIPs por larva recuperado cuatro días después de la aplicación de VPN <i>S. frugiperda</i> en el Experimento II. Se presentan las medias y EE..... | 45 |
| 29. | Porcentaje de emergencia de parasitoides en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 48 |
| 30. | Porcentaje de mortalidad total durante el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....   | 48 |
| 31. | Porcentaje de mortalidad debido al efecto aditivo de todos los factores reconocidos de mortalidad en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....               | 49 |
| 32. | Porcentaje de empuje de larvas de <i>S. frugiperda</i> que se desarrollaron en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....                                     | 51 |
| 33. | Porcentaje de adultos de <i>S. frugiperda</i> que se desarrollaron en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 51 |
| 34. | Porcentaje de plantas con daño grado 0 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 52 |
| 35. | Porcentaje de plantas con daño grado 1 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 52 |
| 36. | Porcentaje de plantas con daño grado 2 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 53 |
| 37. | Porcentaje de plantas con daño grado 3 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 55 |
| 38. | Porcentaje de plantas con daño grado 4 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 56 |
| 39. | Rendimiento promedio en qq/ha del Experimento II. Primera de 1998. Se presenta las medias y EE.....   | 54 |
| 40. | Costos de producción (Lempiras) de una hectárea de maíz comercial.....  | 59 |
| 41. | Costo de producción (Lps.) de una hectárea de maíz, utilizando VPN como insecticida.....  | 61 |
| 42. | Costo de producción (Lps.) de una hectárea de maíz, utilizando VPN reciclado como insecticida.....  | 62 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 13. | Correlación entre número de tijeretas-larvas totales en el Experimento I por monitoreo. Se presentan las medias y su EE de las tijeretas y larvas totales.....              | 33 |
| 14. | Porcentaje de mortalidad total durante el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 35 |
| 15. | Porcentaje de mortalidad debido al efecto aditivo de todos los factores reconocidos de mortalidad en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.                        | 35 |
| 16. | Porcentaje de empupe de larvas de <i>S. frugiperda</i> que se desarrollaron en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.....  | 37 |
| 17. | Porcentaje de adultos de <i>S. frugiperda</i> que se desarrollaron en el Experimento I. Se presentan las medias y su EE.....  | 37 |
| 18. | Rendimiento promedio en qq/ha del Experimento I. Postrera 1997. Se presentan las medias y EE .....  | 36 |
| 19. | Número de larvas vivas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 40 |
| 20. | Número de larvas del estadio I encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 40 |
| 21. | Número de larvas del estadio II encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....   | 42 |
| 22. | Número de larvas del estadio III encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 42 |
| 23. | Número de larvas del estadio IV encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....   | 43 |
| 24. | Número de larvas del estadio V encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 43 |
| 25. | Porcentaje de larvas susceptibles (estadio I-III) que se recolectaron durante el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 44 |
| 26. | Porcentaje de larvas de <i>S. frugiperda</i> muertas por VPN en Experimento II. Se presentan las medias y EE.....   | 44 |
| 27. | Porcentaje del total de larvas muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (estadios I-III) en el Experimento II. Se presentan las medias y EE..... | 46 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 28. | Cantidad promedio de CIPs por larva recuperado cuatro días después de la aplicación de VPN <i>S. frugiperda</i> en el Experimento II. Se presentan las medias y EE..... | 45 |
| 29. | Porcentaje de emergencia de parasitoides en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 48 |
| 30. | Porcentaje de mortalidad total durante el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....   | 48 |
| 31. | Porcentaje de mortalidad debido al efecto aditivo de todos los factores reconocidos de mortalidad en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....               | 49 |
| 32. | Porcentaje de empupe de larvas de <i>S. frugiperda</i> que se desarrollaron en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....                                     | 51 |
| 33. | Porcentaje de adultos de <i>S. frugiperda</i> que se desarrollaron en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 51 |
| 34. | Porcentaje de plantas con daño grado 0 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 52 |
| 35. | Porcentaje de plantas con daño grado 1 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 52 |
| 36. | Porcentaje de plantas con daño grado 2 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 53 |
| 37. | Porcentaje de plantas con daño grado 3 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 55 |
| 38. | Porcentaje de plantas con daño grado 4 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.....  | 56 |
| 39. | Rendimiento promedio en qq/ha del Experimento II. Primera de 1998. Se presenta las medias y EE.....   | 54 |
| 40. | Costos de producción (Lempiras) de una hectárea de maíz comercial.....  | 59 |
| 41. | Costo de producción (Lps.) de una hectárea de maíz, utilizando VPN como insecticida.....  | 61 |
| 42. | Costo de producción (Lps.) de una hectárea de maíz, utilizando VPN reciclado como insecticida.....  | 62 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 43. | Presupuesto parcial (Lps.) de una hectárea de maíz. Evaluación económica de alternativas de uso de VPN.....                                    | 63 |
| 44. | Análisis de dominancia de la producción .....  | 64 |
| 45. | Análisis marginal para la producción de maíz de los tratamientos no dominados.....   | 64 |
| 46. | Porcentaje de infestación de <i>S. frugiperda</i> antes de la aplicación de los tratamientos en las parcelas demostrativas.....                | 66 |
| 47. | Porcentaje de infestación de <i>S. frugiperda</i> cuatro días después de la aplicación de los tratamientos en las parcelas demostrativas ..... | 67 |

## INDICE DE FIGURAS

## Figura

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Cantidad total de CIP recuperado por el número de larvas infectadas por parcela en el Experimento I.....     | 30 |
| 2. | Cantidad total de CIPs recuperado por el número de larvas recolectadas por parcela en el Experimento II..... | 45 |

## INDICE DE ANEXOS

## Anexo

1. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para número de larvas vivas de *S. frugiperda* en 20 plantas, larvas susceptibles y porcentaje de larvas muertas por virus del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 78
2. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de larvas de *S. frugiperda* muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (Estadios I-III) , porcentaje de emergencia de parasitoides y número de depredadores del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 79
3. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de mortalidad total y porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* para los factores reconocidos del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 80
4. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de empupe y porcentaje de adultos de *S. frugiperda* del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 81
5. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para número de larvas vivas de *S. frugiperda* en 20 plantas, larvas susceptibles y porcentaje de larvas muertas por virus del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 82
6. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de larvas de *S. frugiperda* muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (Estadios I-III) y porcentaje de emergencia de parasitoides del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 83
7. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de mortalidad total y porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* para los factores reconocidos de mortalidad del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada..... 84

8. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de empuje y porcentaje de adultos de *S. frugiperda* del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada. 85

## 1. INTRODUCCION

El gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), es la plaga clave del maíz y sorgo en Mesoamerica (Andrews y Quezada, 1989). Es la especie de la familia de Noctuidae de más importancia económica por los daños y pérdidas que ocasiona a diversos cultivos agrícolas (Carrillo-Sanchez, 1993). El daño causado a plántulas por las larvas de *S. frugiperda* en estadios avanzados es el corte del tallo a raz del suelo. En las siguientes etapas vegetativas, la larva joven hace un daño que se conoce como ventanitas en las hojas y la larva grande se alimenta vorazmente del follaje, dejando agujeros grandes e irregulares, así como abundante excremento en el cogollo de la planta (Andrews y Quezada, 1989). Se ha reportado que una defoliación severa antes de la etapa media del cultivo podría reducir el rendimiento en un 20 a 30% (Andrews, 1988).

En la naturaleza existen muchos enemigos naturales de *S. frugiperda*. Estudios experimentales realizados en México han encontrado un parasitismo natural de 86.5% ocasionado por *Chelonus insularis* (Cresson) y 79.6% en promedio por los parasitoides *C. insularis*, *Pristomerus spinator* (F.) y *Campoletis* sp., en cinco regiones diferentes (Carrillo-Sanchez, 1993). Se tiene conocimiento de la existencia de especies parasitoides de los géneros *Chelonus*, *Cotesia*, *Meteorus* y *Aleiodes* (Hymenoptera: Braconidae), *Campoletis* y *Pristomerus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Archytas*, *Lespesia*, *Spallanzia* y *Winthemia* (Diptera: Tachinidae), *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), *Telenomus* (Hymenoptera: Scelionidae), que se encuentran en diferentes grados de abundancia (Carrillo-Sanchez, 1993 y Cave, 1995).

La capacidad que ha desarrollado *S. frugiperda* para tolerar ciertas sustancias tóxicas se debe a sus hábitos alimenticios, a su elevada exposición a las aplicaciones de insecticidas y por ser polífago. Estudios han encontrado que existe cierta tolerancia o resistencia al insecticida clorpirifos, especialmente en zonas donde predomina el cultivo de algodón en rotación con sorgo y maíz (Polania y Fonseca, 1993). También, se encontró que los híbridos con alto contenido de maysin tienen una correlación negativa con el peso de las larvas (Wiseman *et al.*, 1992).

Actualmente, el uso de entomopatógenos para el control de *S. frugiperda* está tomando mucha importancia, debido al alto riesgo por el uso de los plaguicidas. Dentro de los entomopatógenos más efectivos para el control de *S. frugiperda* tenemos los baculovirus (Yufra, 1991). Los baculovirus que se han utilizado para el control de plagas insectiles pertenecen al grupo que induce a la formación de cuerpos de inclusión (VPN: virus de la poliedrosis nuclear y CPV: virus de la poliedrosis citoplásmica) y en menor grado los que forman cuerpos granulados (VG: virus de la granulosis) (Carrero, 1996). Los VPN comprenden la mayor parte de los virus entomopatógenos. El VPN *S. frugiperda* al ser

ingerido por las larvas comienza el proceso de infección en el intestino medio. Se efectúa la hidrólisis del poliedro bajo condiciones alcalinas ( $\text{pH} > 7.5$ ) del intestino medio, liberando los viriones que hacen contacto con las vellosidades de las células epiteliales del intestino donde el virus hace su primera replicación. Al cabo de algunos días se produce la muerte del insecto (Carrero, 1996; Castillo *et al.*, 1995).

El potencial de los baculovirus para el control de insectos fue reconocido a principios de 1990. Desde entonces numerosos virus han sido encontrados en insectos de los ordenes Hymenoptera, Lepidoptera, Coleoptera y Trichoptera (Blissard y Rohrmann, 1990). Investigaciones realizadas demuestran que los virus entomopatógenos son específicos contra el hospedero (Bonning y Hammock, 1996; Yufra, 1991). No destruye a los depredadores, no produce desequilibrio ecológico y no afecta a peces, aves y mamíferos (Yufra, 1991). El virus puede ser aplicado usando técnicas convencionales de aplicación y no crea problemas asociados con los residuos (Bonning y Hammock, 1996). Para las aplicaciones agronómicas se necesita una formulación homogénea y resistente a la radiación ultravioleta (Yufra, 1991), ya que los virus liberados sobre la superficie foliar pueden ser inactivados por la luz solar directa en un 50% (Kirschbaum, 1985). El efecto del virus es específico y prolongado pero retardado, y no puede compararse con los insecticidas químicos rápidos, que además eliminan varias plagas a la vez; por ello el agricultor no quiere utilizar el virus y probablemente una educación adecuada pueda favorecer al cambio (Yufra, 1991). Según Bonning y Hammock (1996), los virus son un componente importante del control biológico natural, pero tienen una capacidad reducida de reciclarse en el campo. El VPN *S. frugiperda* tiene ciertas limitantes una de ellas es que su producción es costosa (Yufra, 1991). Su especificidad restringe su uso y la efectividad del virus depende de las condiciones ambientales (Castillo *et al.*, 1995).

En Brasil, el VPN *Anticarsia gemmatalis* es utilizado para controlar poblaciones del gusano terciopelo. El VPN *A. gemmatalis* se recolecta de infestaciones inducidas en el campo para poder obtener las cantidades necesarias para aplicar un millón de hectáreas anualmente (Castillo *et al.*, 1995). Las larvas de *A. gemmatalis* son monitoreadas intensivamente para determinar el momento óptimo de aplicación del virus antes de que ocurra un daño significativo (Bonning y Hammock, 1996).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.2 Objetivo general

Evaluar técnica y económicamente el método de reciclaje del VPN *S. frugiperda* en el cultivo de maíz.

#### 1.2.1 Objetivos específicos

- Determinar la dosis de VPN *S. frugiperda* adecuada para reciclarlo en el campo.

- Realizar un análisis económico entre las aplicaciones de VPN *S. frugiperda*, el VPN *S. frugiperda* reciclado y la aplicación química. - .
- Realizar una parcela demostrativa para dar a conocer a los agricultores el uso de virus como una alternativa para el control del gusano cogollero.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

El gusano cogollero es la principal plaga del cultivo de maíz (King y Saunders, 1984). En el cultivo el gusano puede reducir el rendimiento en un 45% (Hruska y Gladstone, 1987). La importancia de la plaga es variable, pero generalmente es más importante en tierras bajas (King y Saunders, 1984).

#### 2.1.1 Ciclo de vida y daño

**Huevo.** Las posturas están compuestas de 40 a 300 huevos por masa y cubiertas por pelos o escamas de la hembra. Los huevos cambian de color verde claro a grisáceo a medida que maduran. La etapa dura de 3 a 5 días (King y Saunders, 1984).

**Larva.** Pasa por cinco a seis estadios, dependiendo de la temperatura y el tipo de alimentación. Los gusanos varían de 1 a 40 mm de largo y generalmente son de color gris verdoso o casi negro, con una Y invertida en la cabeza y cuatro puntos negros en el último segmento abdominal, que los diferencia de otras especies. Los primeros estadios raspan la superficie de la hoja del maíz, causando un daño que se conoce como ventanitas. Las larvas grandes pueden cortar a raz del suelo cuando las plántulas de maíz están jóvenes, y cuando tienen más de cuatro hojas forman agujeros en las hojas de tamaño y forma irregular. Grandes infestaciones pueden matar la planta o el punto de crecimiento. Las larvas también dañan el elote y las panojas tiernas. La etapa dura de 14 a 21 días (King y Saunders, 1984).

**Pupa.** Es de color café rojizo, de 18 a 20 mm de largo, y tiene una duración de 9 a 13 días (King y Saunders, 1984).

**Adulto.** Son de 32 a 38 mm, son de color café gris. Una hembra adulta está en capacidad de poner hasta 1500 huevos durante su ciclo de vida (King y Saunders, 1984).

#### 2.1.2 Métodos de control

El método más común para el control de *S. frugiperda* ha sido la utilización de insecticidas químicos. El número de aplicaciones con insecticidas químicos que realizan los productores depende de la zona de producción, la época de siembra y la efectividad de las aplicaciones (Hruska y Gladstone, 1987). Sin embargo, la plaga está adquiriendo resistencia y por otro lado los plaguicidas están causando daño al ambiente. Por eso, se están buscando nuevas alternativas para el control de *S. frugiperda*, como son el uso de microorganismos (Richards *et al.*, 1998) y plantas resistentes a *S. frugiperda* a través de

la biotecnología (Khush y Brar, 1991).

## 2.2 USO DE ENTOMOPATOGENOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS

El uso de microorganismos para el control de plagas agrícolas es considerado como un método que causa menos daños ecológicos. Sin embargo, por su acción lenta y complejidad en los trabajos de investigación y desarrollo necesarios para establecer métodos óptimos de aplicación. No ha podido competir con los insecticidas químicos de elevada toxicidad y acción rápida (Yufra, 1991). Algunos virus se pueden presentar durante todas las etapas del desarrollo de la plaga. Gopinadhan *et al.* (1990) encontraron (CPV) en *Rhynocophorus ferrugeneus* (L.) una plaga que ataca el coco. El CPV se presentó en todas las etapas de vida de la plaga, incluyendo los adultos. Existe la posibilidad de utilizar el mismo virus en diferentes cultivos para el control de una plaga común. Kolodny-Hirsch *et al.* (1993), aplicaron VPN *Spodoptera exigua* (Hübner) y *Bacillus thuringiensis* Berliner (Bt) para el control de *S. exigua* (Hübner) en los cultivos de tomate, chile y garbanzo; encontrando una significativa reducción de la infestación y una mejor protección foliar en plantas tratadas con VPN *S. exigua* (Hübner) que en plantas tratadas con Bt. El VPN se ha introducido y establecido exitosamente en plantaciones forestales (Fuxa, 1987).

## 2.3 BACULOVIRUS

Baculoviridae es una familia de virus formados por ADN patogénico predominantemente para insectos holometábolos. Los baculovirus son un grupo diverso en forma de bastón, formado de una cadena doble de ADN y una capa denominada cápsido, formando el nucleo-cápsido, que en conjunto con la envoltura se denomina virión, los cuales son las unidades infectivas del virus. A los viriones dentro de la matriz proteica se les denomina cuerpos de inclusión (CIPs) (Blissard y Rohrmann, 1990; Yufra, 1991; Castillo *et al.*, 1995).

### 2.3.1 Manipulación genética y estabilidad del baculovirus

Los virus, por poseer un pequeño genoma y comparativamente una simple biología molecular, son blancos para el desarrollo y modificación por ingeniería genética. Un cambio en la secuencia genética del Baculovirus puede mejorar su eficiencia (O'Reilly, 1992). La primera modificación del genoma de un virus se realizó en VPN *Autographa californica* por la delección del genoma del poliedro (Kirschbaum, 1985). También, se ha reducido el tiempo en que el virus entra al hospedero y causa la enfermedad, a través de la introducción de genes heterólogos tóxicos, como neurotóxicas excitadoras o inhibitoras extraídas del veneno de escorpiones (*Androctonus australis* Hector.), ácaros (*Pyemotes tritici*), arañas (*Diguena canities*) o de *B. thuringiensis*; o un gen que impida el desarrollo del insecto, mediante una hormona ecdisona, hormona juvenil o neuropéptido, o que impida la excreción (hormona diurética de *Manduca sexta* L.) o que impida la

nutrición (ecdisteroide-UDP-glucosiltransferasa) (Carrero, 1996; Bloomquist, 1996; Fuxa, 1987). Estudios han demostrado que existe una serie de mecanismos (métodos por recombinación) por los cuales los baculovirus pueden cambiar o adquirir nuevas secuencias de ADN, demostrando su potencial para la transferencia genética en cultivo de células de un baculovirus a otro. La pérdida de material genético puede producir cambios fenotípicos en el baculovirus (Richards *et al.*, 1998). Sin embargo, la modificación de virus salvajes podría reducir el tiempo a la muerte, mejorar la efectividad y la expresión del virus hacia el hospedero (Hammock *et al.*, 1993). La inserción de genes que expresen toxinas de escorpión o una hormona juvenil de esterasa no siempre son positivos, ya que pueden alterar la biología (virulencia en términos de tiempo de sobrevivencia del hospedero y desintegración), alterando tres características básicas ecológicas del virus: tasa de reproducción, densidad poblacional y dispersión (Fuxa *et al.*, 1998).

### 2.3.2 Rango de hospederos

Los baculovirus son muy específicos a su hospedero (Blissard y Rohrmann, 1990), pero la respuesta del hospedero disminuye con la edad. Un experimento realizado en *Plutella xylostella* (L.), demostró que la mayor mortalidad (84%) se presentó en larvas del primer estadio utilizando una dosis letal media de  $5.5 \times 10^1$  PIBs / ml, y resultando que el estadio IV es menos susceptible (Padmavathamma y Veeresh, 1991). El mismo comportamiento se presenta en las larvas de *Trichoplusia ni* (Hübner) al VPN *T. ni*, en donde las larvas de 92 y 144 horas de edad (III y IV estadios) son más susceptibles al virus que las larvas de 192 horas (V estadio) (Milks *et al.*, 1998). Las larvas de *S. exigua* (Hübner) comienzan a ser menos susceptibles al VPN *S. exigua* con la edad. La dosis letal media para larvas del I estadio fue de  $1.6 \times 10^5$  PIBs/ml y para larvas del V estadio  $5.2 \times 10^6$  PIBs/ml (Tuan *et al.*, 1994).

## 2.4 VIRUS DE LA POLIEDROSIS NUCLEAR (VPN)

Los VPN son los virus más estudiados, presentando un gran potencial para el control de plagas de lepidópteros en muchos sistemas de producción (Fuxa, 1987).

### 2.4.1 Caracterización del virus de la poliedrosis nuclear

El VPN está formado por muchos viriones oclusivos en un simple cristal llamado poliedro. El cuerpo de inclusión está compuesto predominantemente de proteína de 29 Kdalton. Los cuerpos oclusivos pueden ser indefinidamente persistentes en el ambiente (Kirschbaum, 1985; Blissard y Rohrmann, 1990).

### 2.4.2 Modo de acción

Una vez ingerido por el insecto, se efectúa la hidrólisis del poliedro en el intestino medio

del hospedero, debido al pH alcalino ( $\text{pH} > 7.5$ ) y posiblemente por la proteasa en el intestino, liberando los nucleocapsidos que se fijan a las vellosidades de las células epiteliales (esta hidrólisis no puede ser específica pudiendo ocurrir en insectos no susceptibles). Los viriones que atacan las células del intestino medio, migran a través del citoplasma y la membrana nuclear. La replicación del ADN viral comienza en el núcleo de la membrana plasmática en la hemolinfa, produciendo la segunda replicación en el tejido graso, hemocitos e hipodermis con la producción de un gran número de cuerpos de inclusión, pudiendo llegar a 30% del peso seco de la larva al morir. Histológicamente, los cambios ocurren en la epidermis, células de la tráquea y células del tejido graso. El virus requiere de 2 a 8 días o más para causar la enfermedad. La larva muerta libera virus en la superficie foliar y en el suelo (Carrero, 1996; Kirschbaum, 1985; Fuxa, 1987; Su, 1990).

### 2.4.3 Síntomas de infección

Los principales síntomas de infección que se observan en las larvas son: dejan de alimentarse, se paralizan, se suben a las partes posteriores y se cuelgan de sus propatas. El integumento se vuelve blando y de color pardo o negro, y los tejidos internos se licúan (Castillo *et al.*, 1995). Wu *et al.* (1993) dividió el proceso de infección de las células en dos partes: un período de viabilidad o retraso para causar la enfermedad y en el tiempo medio que el virus es infectivo al hospedero.

### 2.4.4 Persistencia

Según Yufra (1991) la mayoría de los virus entomopatógenos pueden sobrevivir fuera del insecto si las condiciones ambientales son favorables. Esto se puede hacer mediante el uso de prácticas agronómicas adecuadas, teniendo como respuesta una capacidad de infección prolongada. También, las condiciones ambientales son particulares para cada zona y deben investigarse para cada hábitat, cultivo y ecosistema. Para algunos baculovirus, el sitio de reserva podría ser el suelo o que el hospedero presente una densidad poblacional constante (Richards *et al.*, 1998). Se ha encontrado que los virus son persistentes en el ambiente, principalmente en el suelo, pudiendo persistir por varios años. Sin embargo, el virus que se libera sobre la superficie foliar no está protegido de la radiación ultravioleta, por que es inactivado en unos días u horas (Kirschbaum, 1985; Fuxa, 1987; Richards *et al.*, 1998). En algunos sistemas forestales, la persistencia de los baculovirus está correlacionada con el nivel de control de las plagas (Fuxa, 1987).

**2.4.4.1. Efecto de la luz:** Jones *et al.* (1993) relacionaron el efecto de la luz solar y la inactivación a través de un modelo de regresión lineal, para VPN *Spodoptera littoralis* basado en un estudio de cuatro años, demostrando que a mayor luz solar mayor inactivación del virus. En un estudio por Kao y Huang (1992), utilizaron 101 sustancias protectantes para evitar la inactivación por la luz solar a VPN *S. exigua*. La adición de 1% de ácido fólico, 1% de ácido úrico, 1% de carbón activado y 1% de xantina a la suspensión viral proporciona una protección significativa a la luz solar.

**2.4.4.2. Efecto de la temperatura:** Ribiero y Pavan (1994) estudiaron el efecto que tienen diferentes temperaturas en la estabilidad térmica de tres diferentes baculovirus (un granulovirus y dos VPN). Los resultados indicaron que cada virus tiene su estabilidad térmica y que la temperatura es un factor importante para el almacenamiento y manipulación de los virus que son usados como agentes de control biológico.

**2.4.4.3. Efecto de otros factores:** Se ha encontrado que la lluvia ácida prolongada pueden reducir la eficacia del virus en larvas jóvenes (Sikkonenm y Neuvonen, 1993). También, se conoce que existe una correlación positiva entre la tasa de infección de VPN versus la densidad de las larvas y la temperatura del ambiente (Ali *et al.*, 1998).

## 2.4.5 Transmisión

La transmisión del virus puede ocurrir por la contaminación del ambiente, por ingestión o por un insecto vector. El problema de los virus es su lenta acción, inestabilidad en el follaje, comportamiento del hospedero porque se alimenta de partes que no están expuestas al virus y el rápido crecimiento de la planta desarrollando follaje sin virus (Fuxa, 1987). Wallner (1987) encontró que por 5 - 12 años las poblaciones de las plagas forestales eran controladas por VPN o VG, y que el tipo y condición de la planta hospedera puede afectar significativamente la presencia de la enfermedad, debido a la calidad del follaje y la duración de la defoliación del hospedero.

La transmisión vertical es la transmisión del virus por factores naturales (por una contaminación en el ambiente o por la transmisión por insectos vectores). La transmisión horizontal es la transmisión del virus entre los hospederos y depende de la densidad poblacional o por tener un comportamiento gregario (Fuxa, 1987; Wallner, 1987).

La infección con VPN altera la movilidad de las larvas, y su cambio en el comportamiento varía con el tiempo de la infección. Larvas enfermas se mueven tres a cinco veces más que larvas sanas durante el tiempo medio infectivo, pero siete días después de la infección las larvas enfermas fueron menos móviles. Se encontró que larvas de *Mamestra brassicae* en su IV estadio son más móviles que el II estadio bajo condiciones de campo y laboratorio. La persistencia del virus sobre la superficie foliar después de una aplicación, presenta un decrecimiento de la parte central hacia el perímetro, y las larvas del IV estadio presentan una alta fuente inoculativa del virus (Vasconcelos *et al.*, 1996).

La tasa de propagación espacial del VPN depende de la tasa de transmisión de la enfermedad, tasa de reproducción del VPN para infectar el hospedero, población inicial del hospedero, tasa de decrecimiento del patógeno y tasa de mortalidad del hospedero infestado (Dwyer, 1992).

Se ha estudiado el uso de depredadores contaminados con VPN como una manera de transmitir el virus, pero los resultados encontrados por Young y Yearian (1990)

demuestran que tienen poca importancia en transmitir el virus, ya que unos pocos depredadores portaron el virus 14 días después de la aplicación fuera de la área aplicada. Otro estudio, encontró que hay una replicación del baculovirus no oclusivo de *Microplitis croceipes* en larvas de *Heliothis virescens* (F.), y que la transmisión del baculovirus ocurre al momento de la oviposición de la hembra, transmitiéndolo a su progenie (Agra *et al.*, 1998).

La búsqueda de nuevas formas de diseminación del virus están siendo estudiadas. Jackson *et al.* (1992) utilizaron trampas de luz para atraer a los machos de noctuidos para ser infestados con VPN *A. californica* en una plantación de tabaco. Los machos infestaban a las hembras y estas a sus huevos, de los que al emerger se contaminaban del virus, dando comienzo al proceso de infección. Otro estudio encontró que la masa de huevos puede ser contaminada durante la oviposición o al ovipositar sobre un sustrato contaminado llegando a ser un mecanismo importante de transmisión en poblaciones de alta densidad o para una epizootia en el siguiente año (Murray y Elkinton, 1990). También existe la posibilidad de usar virus en forma de aerosoles, causando una infección directa por la traquea (Kirkpatrick *et al.*, 1994).

#### 2.4.6 Impacto ambiental

Richards *et al.* (1998) desarrollaron un modelo de evaluación del impacto ambiental por el uso de baculovirus. El modelo presenta los siguientes componentes: la identificación y evaluación del impacto y la determinación de la exposición del virus al ambiente. Las pruebas de evaluación del impacto se han realizado en múltiples lugares bajo una serie de condiciones agronómicas, para demostrar la eficacia del baculovirus sin afectar la seguridad ambiental. El potencial para afectar otros organismos es un producto de la susceptibilidad de una especie a un baculovirus y la probabilidad que estos individuos estén expuestos a dosis de infección.

Kreutzweiser *et al.* (1997) alimentaron por 21 días a truchas con VPN *L. dispar* y VPN *Choristoneura fumiferana* con alimento inoculado. Al final del experimento no se encontraron síntomas de lesiones en sus vísceras, ni afectó la tasa de alimentación y crecimiento de los peces.

#### 2.4.7 Efecto del VPN sobre otros organismos

El uso de baculovirus modificado genéticamente ha sido estudiado para determinar el efecto que tiene sobre el ambiente y otros organismos. Heinz *et al.* (1995) encontraron que el uso de VPN *A. californica* modificada (expresa la neurotoxina de escorpión *A. australis*) no presentó un efecto adverso a *Chrysoperla carnea* Stephens, ni a *Orius insidiosus* (Say) alimentadas con *H. virescens*, ni en la abeja melífera, *Apis mellifera* (L.). Sin embargo, el grado de exposición al virus podría depender de la naturaleza y escala de operación, del método de aplicación y el área geográfica utilizada.

El riesgo de exposición a otros organismos depende básicamente de la especificidad del virus (FAO, 1973). Ecotoxicológicamente el impacto sobre otras especies se divide en dos categorías: impacto directo e impacto indirecto.

**2.4.7.1 Impacto directo:** Involucra la interacción de dos especies en la que uno inicia la causa de la reducción del otro. El efecto de la utilización de VPN *T. ni* por el uso de dosis subletales sobre poblaciones de *T. ni* se presenta por un desarrollo prolongado del insecto, reduce el peso de la pupa, producción de huevos y el éxito de incubación de los huevos (Milks *et al.*, 1998; Richards *et al.*, 1998).

**2.4.7.2 Impacto indirecto:** Involucra la interacción de tres o más especies en donde un baculovirus induce a la reducción de una población teniendo un efecto sobre otras poblaciones (Richards *et al.*, 1998). McCutchen *et al.* (1996) evaluaron el efecto que tiene un virus silvestre y VPN *A. californica* modificado en un endoparásito de *H. virescens*. El tiempo en desarrollarse el parasitoide *M. croceipes* fue más corto en el hospedero infestado con VPN *A. californica* y un adulto de menor tamaño que en un hospedero sano.

#### 2.4.8 Compatibilidad con insecticidas

Jacques y Morris (1981) investigaron 10 combinaciones de plaguicidas y virus. Nueve combinaciones presentaron un efecto aditivo en la mortalidad de los insectos. Sin embargo, algunos de los plaguicidas estudiados se les ha prohibido su uso. López *et al.* (1995) realizaron un estudio para determinar el efecto que tiene el Bt sobre el desarrollo de baculovirus en larvas de *Spodoptera*. Los resultados demuestran que la delta endotoxina aplicado en dosis subletales (10 mg/ml) no presentan interferencia con el baculovirus desarrollado en *S. frugiperda* y *S. exigua* (Hübner) tolerantes al Bt.

#### 2.4.9 Resistencia del hospedero

Begon *et al.* (1993) encontraron cuatro mecanismos de resistencia de *P. interpunctella* al virus de la granulosis. Fisiológicamente, el hospedero puede destruir o degradar el virus. Los hemocitos aparentemente consumen las partículas víricas y son tomados en el tubo de Malpigi, de donde son llevados al exterior y destruidos parcialmente.

Fuxa y Richter (1998) encontraron que poblaciones de *A. gemmatalis* sujetas a 80% de mortalidad por VPN *A. gemmatalis*, desarrollaron cinco veces resistencia en cuatro generaciones, pero la resistencia se revirtió al discontinuar su exposición al virus, retornando a su nivel de susceptibilidad en tres generaciones.

La posibilidad de mutación en un virus podría provocar un aparente cambio en la susceptibilidad del hospedero (FAO, 1973).

#### 2.4.10 Efectividad

La efectividad del virus sobre un hospedero específico es conocida. Existe la posibilidad de adicionar nuevos compuestos que mejoren la efectividad del virus o que aumenten el tiempo en que se presente la enfermedad. Hamm y Shapiro (1992) adicionaron 1% de Tinopal a VPN *S. frugiperda* aumentando su grado de infectividad. También, Shapiro y Bell (1982) encontraron que la adición de ácido bórico aumenta la mortalidad y disminuye el período infectivo del virus a larvas de *L. dispar*.

Se ha encontrado que las enfermedades vírales reducen la aptitud de los individuos que sobreviven a la infección. El efecto de las enfermedades vírales en el hospedero se observa por una tasa de desarrollo bajo en el peso de las pupas y adultos, reducción de la capacidad reproductiva y acorta la sobrevivencia del adulto. Estos efectos se presentan más en hospederos infectados con CPV que con VPN (Rothman y Myers, 1996).

Ali *et al.* (1998) estudiaron el efecto de las plantas hospederas sobre la susceptibilidad de larvas de *H. zea* y *H. virescens* a VPN *H. zea* aplicado al follaje. *H. virescens* fue significativamente más susceptible en algodón y geranio que *H. zea*, pero *H. zea* fue más susceptible en frijol terciopelo. La fenología de la planta tiene un efecto sobre la susceptibilidad a VPN *H. zea*. Santiago-Alvarez y Ortiz (1992) estudiaron la influencia de cinco plantas hospederas (alfalfa, soya, papa, tomate y cereza) en la susceptibilidad de *S. littoralis* a un VPN. Los resultados obtenidos no observaron diferencias en el proceso de infección debido a la planta hospedera en la cual el VPN estaba presente.

#### 2.4.11 Sistemas de producción industrial de virus

La industria del virus presenta sus preparaciones comerciales en forma de polvos humectables formulados de polvos inertes y coadyuvantes y líquidos, cuya concentración está normalizada (Yufra, 1991). Huang y Kao (1994) establecieron una producción artificial de VPN *S. exigua*, y encontraron que la producción óptima es producida en una dieta artificial con  $1.54 \pm 0.23$  g (diámetro de 1.0 cm y alto 0.5 cm), con una inoculación de  $2 \times 10^5$  PIBs/cm a 30° C y cosechando cinco a seis días después de la inoculación. La adición del antibiótico estreptomycin a la dieta incrementó el tiempo letal de VPN *A. californica* en larvas de *H. virescens* (Hoover *et al.*, 1997).

El principal problema en la producción comercial es el costo en producirlo, por que la multiplicación del virus se realiza en células vivas (cultivo de tejidos de insectos o larvas vivas), contrario a entomopatógenos bacterianos que se multiplican en caldos de cultivo. Los costos de producción del virus son altos, por lo que requieren grandes inversiones. Se ha estimado que el costo de producir virus para aplicar una hectárea es de cuatro dólares (Yufra, 1991).

Los principales sistemas de producción son (Yufra, 1991):

**2.4.11.1 Producción industrial en larvas vivas:** Este método requiere el desarrollo del ciclo del hospedero. El proceso para el cultivo en larvas vivas se menciona a continuación: recolección de huevos, inoculación de larvas con virus, cría de larvas, recolección de larvas infestadas, almacenamiento, trituración, filtración por tamices, concentración del virus, desecación y formulación. La producción masiva de huevos se realiza en insectarios, luego se depositan en vasitos con dieta y son almacenados en los cuartos de cría. Para la inoculación, se pulveriza una suspensión del virus sobre los huevos o se incorpora a la dieta. Al desarrollarse las larvas, el virus se multiplica en ellas, se enferman y mueren, recolectado las larvas cuando hay un 50 – 70% de mortalidad. El número de PIBs por larva es de  $10^9$  –  $10^{10}$ . Las larvas recolectadas se guardan en un congelador. La masa de larvas se desintegra en agua y se filtra por un tamiz fino. Para concentrar el virus, el líquido filtrado se centrifuga o se precipita en acetona. Luego, es secado por liofilización o por atomizadores, para después ser mezclado en un polvo inerte (Yufra, 1991).

**2.4.11.2 Producción industrial en cultivo de células del hospedero:** Este método se ha dividido en dos fases, cultivo de células vivas e inoculación de las células. Este método utiliza menos mano de obra, y permite la adopción de los avances de la biotecnología y la bioingeniería. Para este método de producción es necesario definir las concentraciones de virus adecuado para el cultivo de células y la forma rentable de inoculación y proliferación del virus. A continuación se mencionan los pasos: cultivo de células de las larvas, inoculación de las células en suspensión, multiplicación del virus, desintegración de las células por sonicación, concentración del virus, desecación y formulación. El cultivo se realiza en fermentadores, con la introducción de aire estéril nebulizado, agitación, control de pH y temperatura. Cuando la multiplicación de células está en su fase logarítmica se pasa la suspensión por un depósito decantador. La suspensión decantada se pasa a otro depósito con agitación suave, para ser inoculado con virus, mantenido por cuatro a cinco días, con lo que más del 90% de las células quedan infectadas, con unos 200 PIBs por célula y un rendimiento de  $10^9$  PIB/ml. La suspensión celular se desintegra por sonicación y se centrifuga, para eliminar los restos de las membranas celulares. La suspensión obtenida se trata como el método anterior (Yufra, 1991).

## **2.5 METODOLOGIA DE RECICLAJE DE VPN *Anticarsia gemmatalis***

Una de las principales plagas del cultivo de la soya es el gusano terciopelo. Como una alternativa para reducir el uso de plaguicidas para el control de las plagas, se desarrolló un programa de manejo integrado de plagas. El programa fue desarrollado en 1980 por el Centro Nacional de Investigación de la Soya - Embrapa. Se desarrolló un sistema para conocer las poblaciones de adultos utilizando trampas de luz y la aplicación de VPN *A. gemmatalis* para el control del gusano terciopelo.

Se obtiene un excepcional control del gusano terciopelo al hacer uso de VPN *A.*

*gemmatalis*, por causar una epidemia. Las larvas recién muertas por la enfermedad son recolectadas por los agricultores en áreas tratadas con virus, almacenadas en el congelador y guardadas para el siguiente año, donde será utilizado para aplicar grandes áreas de cultivo. La aplicación del virus (50 LE por ha) ha sido comparada con dos aplicaciones de insecticida por cultivo por año que se realizaran anteriormente. El éxito del manejo integrado de plagas en soya en Brasil se debe al apoyo del gobierno, simplicidad y fácil adopción con un mínimo de riesgo, adecuado a las condiciones económicas, coordinación cercana entre la investigaciones y la extensión, y una fuerte y dedicada dirección (Kogan y Turnipseed, 1987).

## 2.6 POSIBILIDADES FUTURAS DE LOS VIRUS ENTOMOPATOGENOS

Las investigaciones realizadas en el campo han demostrado que los virus entomopatógenos son agentes muy valiosos para combatir plagas importantes de los cultivos, con grandes ventajas ecológicas: son muy selectivos, no destruyen a los depredadores, no producen desequilibrio ecológico, ni resistencia. Sin embargo, la investigación agrícola y forestal progresa lentamente (Yufra, 1991). El uso de virus como una liberación inoculativa puede tener como resultado la posibilidad de reciclaje para ciertos virus, como VPN *Orgyisia pseudotsugata* y *L. dispar* (Fuxa, 1987).

Muchos experimentos de liberación de VPN han sido prósperas, pero su uso no ha sido puesto en práctica, debido a que compiten con los químicos en costo, velocidad de acción y calidad (Fuxa, 1987).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 UBICACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos se llevaron a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, en los campos de cultivo del Departamento de Agronomía en San Nicolás (chorrera 4), ubicado a 32 km al este de Tegucigalpa, capital de Honduras a una altura de 800 msnm.

##### 3.1.1 Prácticas agronómicas

Los experimentos se realizaron en el cultivo de maíz, donde se usó un sistema de producción para grano, con la utilización de todos los insumos necesarios. Las labores agronómicas, como la siembra, fertilización, aplicación de herbicidas, se realizaron con maquinaria. El híbrido de maíz sembrado fue Cargill C343. Se sembró a un distanciamiento de 0.2 m entre planta y 0.8 m entre surco, obteniendo una densidad de 55,000 plantas por ha. La primera fertilización se realizó a la siembra, utilizando cuatro quintales de 18-46-0 por ha y la segunda a los 30 días después de siembra utilizando cuatro quintales de urea por ha. El control de malezas se realizó en forma preemergente, haciendo uso de atrazina a razón de 2 libras ingrediente activo por ha y 2 litros de ingrediente activo alachlor por ha. Para los cuales se uso una boquilla de abanico plano.

#### 3.2 EXPERIMENTO I

El primer experimento se realizó en postrera de 1997. La siembra de maíz se realizó el 19 de septiembre de 1997.

##### 3.2.1 Tratamientos

Se evaluaron tres dosis de VPN *S. frugiperda*, con el objetivo de encontrar la dosis adecuada para ser reciclada del campo. También se comparó el grado de control por VPN con una aplicación química. Se realizaron dos aplicaciones calendarizadas para todos los tratamientos. Se establecieron los siguientes tratamientos:

T1= 250 LE<sup>1</sup> para la primera aplicación y el virus recolectado del campo para la segunda aplicación (hasta 250 LE).

<sup>1</sup> Una LE =  $6 \times 10^9$  CIPs por ml, CIPs (siglas en español) = Cuerpos de Inclusión Poliedricos

T2= 500 LE para la primera aplicación y el virus recolectado del campo para la segunda aplicación (hasta 500 LE).

T3= 1000 LE para la primera aplicación y el virus recolectado del campo para la segunda aplicación (hasta 1000 LE)

T4= 250 LE para ambas aplicaciones.

T5= 500 LE para ambas aplicaciones.

T6= Testigo (dos aplicaciones de agua).

T7= Dos aplicaciones de clorpirifos (Lorsban® 4L) en una dosis de 1 L por ha.

Para todos los tratamientos se utilizó-adherente a razón de 250 ml por 400 L de agua.

### 3.2.2 Unidad experimental

La unidad experimental la formaba una parcela de cultivo de maíz de 28.8 m<sup>2</sup>. La parcela tenía una dimensión de 6 surcos de 6 metros lineales cada una, dejando un espacio de borde de un surco y un metro entre cada parcela. Los siete tratamientos con cuatro replicas cada uno, utilizaron un área total de 0.08064 ha de cultivo.

### 3.2.3 Diseño experimental

Se utilizo un diseño de bloques completos al azar, donde los tratamientos se asignaron aleatoriamente. En el área del experimento se observó cierto gradiente de pendiente lo cual pudo afectar la fertilidad del terreno. Por tal razón, se distribuyeron las parcelas en forma paralela a la pendiente.

### 3.2.4 Manejo del experimento

Se observó durante la época de postrera poca incidencia de *S. frugiperda*, por lo que fue necesario hacer una infestación artificial para poder tener larvas para recolectar y así evaluar los tratamientos. Se procedió a la infestación artificial con larvas criadas en el Laboratorio de Control Biológico del Departamento de Protección Vegetal. La primera infestación artificial se realizó dos días antes de la primera aplicación, con larvas de *S. frugiperda* en su primero y segundo estadio, utilizando 300 a 1200 larvas por parcela. Las larvas se distribuyeron uniformemente en cada parcela para simular una fuerte infestación de la plaga en el cultivo. La infestación posterior se realizó a los cinco días después de la primera aplicación, utilizando 200 a 800 larvas por parcela.

**3.2.4.1 Aplicación de los tratamientos:** Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron a las 6:00 a.m., ya que es frecuente que llueva por las tardes; el factor lluvia puede afectar las aplicaciones de virus en el campo. La cantidad de agua utilizada fue de 800 L por hectárea para todos los tratamientos, excepto para la aplicación química, donde se realizó una calibración, utilizando 220 L por hectárea. Las aplicaciones se realizaron con una bomba de mochila de 17 L y boquilla de cono hueco.

La primera aplicación de los tratamientos se realizó a los 20 días después de la siembra, dos días después de la primera infestación artificial. Durante este momento el cultivo fue más susceptible al daño por *S. frugiperda* y las poblaciones naturales del gusano aumentaron. La aplicación posterior se realizó a los 14 días después de la primera aplicación, 34 días después de la siembra. Para los tratamientos de virus reciclado se utilizó el virus recolectado de larvas de las parcelas y luego muertas en el laboratorio. La cantidad de virus aplicado se menciona en la metodología de reciclaje.

### 3.2.5 Muestreo

Para evaluar los tratamientos se realizaron muestreos destructivos. Se recolectaron todas las larvas encontradas en 20 plantas por parcela. Las larvas recolectadas se colocaron en vasitos con dieta artificial, para ser observadas cada dos días en el laboratorio y observar si completan su ciclo o mueren por un virus, bacteria o parasitoide. Se identificó en que estadio estaban las larvas al momento del muestreo y en las larvas muertas su factor de mortalidad. Las larvas muertas por virus se recolectaron para la segunda aplicación. Durante el muestreo se observó la presencia de tijeretas y la presencia de daño. Cada muestreo se hizo dos y siete días después de cada aplicación de VPN para todos los tratamientos.

### 3.2.6 Metodología de reciclaje de VPN *S. frugiperda*

La metodología que se presentó es práctica. Se estimó el tiempo en la que un agricultor puede recolectar un determinado número de larvas en el campo, para ser utilizado en la segunda aplicación. Para obtener virus reciclado se procedió a realizar una serie de pasos que se mencionarán a continuación.

**3.2.6.1 Manejo de las muestras:** Las larvas del campo permanecieron en dieta artificial en un cuarto de cría del Laboratorio. El tiempo que permaneció cada larva en su vasito dependió de su estado al momento de la recolección, por que pudo estar parasitado o infectado con virus. Por eso la toma de datos se hizo cada dos días.

**3.2.6.2 Cosecha de virus:** En el laboratorio se recolectaron todas las larvas que se morían por virus. La principal manera de identificar las larvas muertas por virus fue por la sintomatología que presentaron. Las larvas que no presentaban las características típicas se esperaba a que el integumento se rompiera y no presentara un olor desagradable, que es característico de las larvas muertas por bacterias. Las larvas muertas se colocaron en tubos Eppendorf de 1.5 ml y se guardaron en el congelador, para luego realizar el conteo de CIPs.

**3.2.6.3 Conteo de virus:** La cantidad de virus cosechado se determinó por medio de un conteo de CIPs.

**a. Preparación de las muestras.** Las muestras en sus tubitos se diluyeron en agua destilada hasta alcanzar el volumen del tubo Eppendorf de 1.5 ml, formando los patrones. Para facilitar la observación de los cuerpos de inclusión se realizó la dilución de cada patrón a 0.1X, 0.001X y 0.0001X. Para las diluciones se utilizó una solución madre (solución que contiene agua destilada más Tween al 1%). Luego se procedió al conteo del virus.

**b. Conteo.** Se colocó 20 µl de la muestra de la dilución 0.001 o 0.0001 sobre un hemacitómetro y se observó al microscopio en el objetivo 40X (la dilución utilizada depende de la cantidad de cuerpos de inclusión que se observan). Se contó el número de CIPs en los cinco cuadrillos, repitiendo este procedimiento tres veces para cada muestra. Para luego ser promediado.

**c. Cálculo del promedio de CIPs.** Cada cuadrillo tiene un volumen de 0.0125 mm<sup>3</sup>. Se utilizó la siguiente fórmula para estimar la cantidad de CIPs.

$$\text{Cantidad de CIPs por ml} = \left( \frac{X}{0.0125} \right) \times 1000 \times \text{nivel de dilución contada}$$

Donde: X = Valor promedio del conteo de cada muestra.

**d. Cantidad de virus aplicado en la segunda aplicación.** Para determinar la cantidad de virus aplicado en la segunda aplicación, se determinó el porcentaje de larvas muertas por virus. Se estimó que el tiempo en que un agricultor puede recolectar 100 larvas en el campo es de una hora. Se multiplicó por el porcentaje de infestación de cada tratamiento por 100, obteniendo la cantidad de larvas con virus que un agricultor puede aplicar. Se multiplicó el número de larvas posiblemente infestadas por la cantidad de CIPs por larva de cada tratamiento para obtener la cantidad de virus aplicado en la segunda aplicación.

### 3.2.7 Rendimiento

Para estimar el rendimiento de los tratamientos, se cosecharon las mazorcas que se encontraron en 40 plantas por parcela. La cantidad promedio de libras por planta cosechada se multiplicó por 55000 plantas por ha para obtener el rendimiento por ha. Luego se analizó para encontrar diferencias significativas.

### 3.2.8 Variables a medir

Se midieron las siguientes variables:

- Número de larvas y su estadio en 20 plantas.
- Cantidad de CIPs recolectada en 20 plantas.
- Porcentaje de larvas infestadas por virus.
- Porcentaje de parasitismo de las larvas.
- Número de depredadores en 20 plantas.
- Rendimiento.

### 3.3 EXPERIMENTO II

En el segundo experimento se analizaron los mismos tratamientos del Experimento I. Sin embargo, se realizaron ciertas modificaciones en la metodología de muestreo, utilizando niveles críticos y los muestreos no destructivo en la recolección de larvas para reciclaje. El experimento se realizó en primera de 1998, sembrando el 12 de julio de 1998.

#### 3.3.1 Diseño experimental

El diseño utilizado fue de bloques completos al azar. Cada tratamiento se distribuyó aleatoriamente con cuatro réplicas. La unidad experimental fue una parcela de 32 m<sup>2</sup> de cultivo, de 5 metros de largo y 8 surcos de ancho. Se destinó un metro y dos surcos de espacio entre parcela, necesitando 0.0896 ha en total para todo el experimento.

#### 3.3.2 Manejo del experimento

Se realizaron muestreos para determinar los niveles poblacionales de *S. frugiperda* antes de la aplicación. Los muestreos para determinar el nivel crítico se comenzaron a realizar a los 12 días después de la siembra, y luego cada dos días. Los niveles críticos utilizados en el cultivo de maíz fueron de 15% antes de las ocho hojas y 40% desde ocho hojas hasta la floración. La población de *S. frugiperda* alcanzó el nivel crítico a los 20 días con una infestación del 70%, por lo que se procedió a la aplicación de los tratamientos.

**3.3.2.1 Aplicación de los tratamientos:** Las aplicaciones se realizaron a las 6:00 a.m. La primera aplicación se hizo a los 20 días después de la siembra utilizando las mismas dosis del primer experimento. La segunda aplicación se realizó a los 14 días después de la primera. Se aplicó con una bomba de mochila de 15 litros de capacidad de cono hueco. Se utilizó 800 L de agua por ha en todos los tratamientos.

#### 3.3.3 Metodología de reciclaje de VPN *S. frugiperda*

La metodología de reciclaje se basa en recolectar larvas cuatro días después de la aplicación.

**3.3.3.1 Muestreo no destructivo.** Se realizó con el objetivo de simular las condiciones del agricultor, en donde él solo muestrea en plantas donde presenta daño. La recolección de larvas se realizó cuatro días después de la primera aplicación. En la primera aplicación se recolectaron entre 20 y 30 larvas por parcela, ya que se observó una alta densidad de larvas de *S. frugiperda* en el campo. Las larvas se recolectaron de plantas que presentaron daño y se trató de recolectar las larvas muertas por virus. Con las larvas recolectadas se

procedió a hacer un conteo de CIPs (procedimiento descrito en el primer experimento) y se almacenaron en el congelador para la segunda aplicación.

### 3.3.4 Muestreo

Se realizaron dos muestreos por aplicación, el primero a los dos días y el segundo a los siete días después de la aplicación. El muestreo fue destructivo, recolectando todas las larvas en 20 plantas. Se colocaron las larvas individualmente en vasitos con dieta y se llevaron a un cuarto de cría en el laboratorio. Se observaron las larvas cada dos días para ver si completaban su desarrollo o morían por virus, bacteria, parasitoide u otro factor. Durante el muestreo se evaluó el porcentaje de daño causado por larvas de *S. frugiperda*. La estimación del porcentaje de daño se realizó en base a una escala de daño de acuerdo al porcentaje de daño presente en la planta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escala de daño para cuantificar el porcentaje de daño causado por *S. frugiperda*.

| Porcentaje de daño | Escala de daño |
|--------------------|----------------|
| 0 – 15             | 0              |
| 15 – 25            | 1              |
| 25 – 50            | 2              |
| 50 – 75            | 3              |
| > 75               | 4              |

También, se recolectaron los depredadores para su futura identificación.

### 3.3.5 Rendimiento

Para determinar el rendimiento se utilizó la metodología descrita en el Experimento I.

### 3.3.6 Variables a medir

Se evaluaron las siguientes variables:

- Número de larvas y su estadio en 20 plantas.
- Cantidad de CIPs recolectada en 20 plantas.
- Porcentaje de larvas muertas por virus.
- Número de otras plagas en 20 plantas.
- Porcentaje de parasitismo de las larvas.
- Número de depredadores en 20 plantas.
- Cuantificación del daño en 20 plantas.
- Rendimiento.

### 3.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LAS VARIABLES

Se realizó un análisis de varianza con el propósito de detectar diferencias significativas entre los tratamientos, para las variables número de larvas en 20 plantas, cantidad de CIPs recolectado, porcentaje de larvas infestadas por virus, cuantificación de daño, número de depredadores y rendimiento. Para las variables porcentajes de larvas muertas por virus y parasitismo de larvas se realizó una transformación arcoseno de la raíz cuadrada. Se realizó una correlación entre el número de larvas y el número de depredadores. Se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo, para poder determinar en que tiempo se presento la mayor mortalidad de larvas y para que dosis. Se realizó una separación de medias de SNK, utilizando una probabilidad del 10%.

### 3.5. ANALISIS ECONOMICO

En la evaluación económica se tomó en cuenta el costo de producción del VPN *S. frugiperda* producido en el Centro para el Control Biológico de Centro América (CCBCA) y los costos de reciclaje del VPN en el campo, donde se tomó en cuenta el costo mano de obra, transporte, preparación y almacenamiento del virus. Estos costos son necesarios para comparar con el costo de las aplicaciones químicas. La metodología utilizada es la expuesta en el folleto de "La Formación de Recomendaciones a Partir de Datos Agronómicos" publicada por el CIMMYT (1988). La metodología comprende tres procesos: presupuesto parcial, análisis marginal y la variabilidad.

En el presupuesto parcial se obtuvieron los costos totales que varían y beneficios netos de cada tratamiento alternativo, tomando en cuenta el rendimiento promedio de cada tratamiento. Con el análisis marginal, primeramente se realizó un análisis de dominancia; un tratamiento es dominado si los beneficios netos son menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. Luego se procedió a realizar la curva de beneficios netos y se calculó la tasa de retorno marginal (indica la diferencia entre el beneficio neto y los costos al cambiar de un tratamiento a otro). Finalmente se realizó el análisis de variabilidad para determinar cual fue la variación en el sitio de experimentación. En base a los resultados obtenidos se recomendó cual dosis fue factible reciclar y cual fue el mejor método de control.

### 3.6. PARCELAS DEMOSTRATIVAS

La finalidad de las parcelas demostrativas fue hacer una gira introductoria sobre el uso de virus (VPN) a pequeños agricultores, como una alternativa para el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. La parcela demostrativa se realizó en los campos de cultivo de Zamorano, utilizando un área de 80 m<sup>2</sup> por tratamiento (10 surcos por 10 m) para cada tratamiento a demostrar. A los 20 días después de la siembra el cultivo presentó una infestación del 15%. Para poder observar mejor la diferencia entre los tratamientos se realizó una infestación artificial con larvas del primero y segundo estadio, utilizando

entre 200 a 800 larvas por parcela. El cultivo no recibió ninguna aplicación de plaguicidas antes de realizar la gira a las parcelas demostrativas.

La presentación se realizó a ocho agricultores, originarios de el municipio de Yuscarán. Los agricultores habían recibido cursos del DPV relacionados con manejo integrado de plagas.

La metodología de presentación se dividió en dos partes. La primera fue en dar a conocer la importancia de los enemigos naturales en el control de plagas agrícolas, el uso de virus como una alternativa para el control de larvas de *S. frugiperda* y las aplicaciones de los tratamientos. La segunda parte se realizó a los cuatro días después de la aplicación con el objetivo de evaluar los tratamientos aplicados.

Los tratamientos fueron tres: una aplicación química con clorpirifos a razón de un litro por ha; un testigo en que solo se aplicó agua; y una aplicación de VPN 500 LE. La cantidad de agua utilizada para todos los tratamientos fue de 800 litros por ha. Se aplicó con una bomba de mochila de 15 L con una boquilla de cono hueco.

Para la evaluación de los tratamientos se realizó un método de comparación por observación. Se utilizó una tabla de muestreo previamente diseñado para recolectar los datos. Se trató de identificar los principales enemigos naturales en el campo. El número de plantas muestreadas fue de 20 plantas por tratamiento, realizado por los agricultores. Posteriormente se presentaron los datos en una tabla de resumen y se compararon los resultados. Los agricultores presentaron sus comentarios y recomendaciones de la práctica realizada.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 GENERALIDADES DEL EXPERIMENTO I

El Experimento I el cual se desarrolló en postrera de 1997, se observaron condiciones climatológicas no ideales para el desarrollo adecuado del cultivo, ya que se presentó un período de sequía causado por el fenómeno de El Niño. Durante la época de postrera no llovió durante la etapa de llenado del grano, lo cual afectó el rendimiento del cultivo.

Durante el desarrollo del cultivo no se presentó un daño significativo causado por otras plagas. Sin embargo, en las primeras etapas del cultivo se observó la presencia de *Diabrotica* sp. sin causar un daño significativo. Se observó la presencia de tijeretas (*Doru taeniatum* Dohrn) depredador de los primeros estadíos de larvas de *S. frugiperda*. La incidencia de larvas de *S. frugiperda* no fue muy alta, a pesar de haberse realizado infestaciones artificiales.

#### 4.1.1 Número de larvas vivas y sus estadíos en 20 plantas

El número de larvas vivas en 20 plantas fue significativamente diferente entre los monitoreos ( $P=0.0005$ ), existiendo una interacción altamente significativa ( $P=0.0001$ ) entre los monitoreos y los tratamientos (Anexo 1). En el primer monitoreo, se encontró una diferencia significativa ( $P<0.10$ ) entre clorpirifos y los demás tratamientos, por lo que el tratamiento de clorpirifos presentó el mejor control (Cuadro 2). No se presentaron diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos con aplicaciones de VPN. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados con VPN, debido a que las aplicaciones con virus tardan de 8 a 14 días para causar la enfermedad (Yufra, 1991).

En el segundo monitoreo, el número de larvas vivas en 20 plantas en el tratamiento con clorpirifos fue significativamente mayor ( $P<0.10$ ) que los demás tratamientos, siendo un 303.6% mayor que el testigo y un 126% mayor que el promedio de los tratamientos donde se aplicó VPN (Cuadro 2). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con VPN.

Para el tercero y cuarto monitoreo no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 2). Esta observación se puede deber a que la población del *S. frugiperda* se vio afectada debido posiblemente a la calidad del alimento y las poblaciones de tijeretas. No se encontraron diferencias significativas entre las dosis de VPN reciclados y no reciclados aplicadas en el experimento.

Cuadro 2. Número de larvas vivas en 20 plantas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1 | MONITOREO 2  | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 7.8 ± 2.1 a | 5.8 ± 1.5 b  | 4.0 ± 1.4 a | 3.8 ± 1.0 a |
| 500 LE /ha reciclado | 8.0 ± 2.8 a | 3.5 ± 1.4 b  | 2.5 ± 0.5 a | 3.0 ± 0.9 a |
| 1000 LE/ha Reciclado | 5.8 ± 1.0 a | 3.0 ± 0.6 b  | 4.0 ± 1.1 a | 4.0 ± 1.4 a |
| 250 LE/ha            | 8.8 ± 0.9 a | 6.3 ± 0.5 b  | 5.5 ± 1.3 a | 3.3 ± 0.8 a |
| 500 LE/ha            | 5.5 ± 1.2 a | 6.3 ± 1.0 b  | 4.0 ± 0.8 a | 1.5 ± 0.3 a |
| Testigo              | 7.0 ± 1.4 a | 2.8 ± 0.8 b  | 4.8 ± 1.4 a | 3.3 ± 0.9 a |
| Clorpirifos          | 1.5 ± 0.9 b | 11.3 ± 1.6 a | 1.8 ± 0.8 a | 9.3 ± 5.1 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

En el tratamiento de clorpirifos, los monitoreos realizados dos días después de la aplicación presentan menor población de *S. frugiperda* que los siguientes monitoreos, debido a que la residualidad del producto disminuyó y al eliminar a los enemigos naturales.

El número de larvas vivas recolectadas se separó por estadio, para conocer cual fue el estadio predominante durante cada monitoreo y el porcentaje de larvas en los estadios susceptibles al VPN. Los estadios más susceptibles a la infección por VPN son los primeros tres estadios (Yufra, 1991). En general, la población de larvas para todos los monitoreos se encontraba en el estadio II. Se encontró una diferencia altamente significativa entre los monitoreos ( $P=0.0005$ ) (Anexo 1). Solo se encontraron diferencias significativas ( $P<0.10$ ) para el estadio II (Cuadro 4). Para los demás estadios, estadio I (Cuadro 3), estadio III (Cuadro 5) y estadio IV (Cuadro 6), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

El número de larvas del estadio II varió entre los tratamientos solamente en los primeros tres monitoreos. En el primer monitoreo, el tratamiento con clorpirifos tuvo la menor cantidad de larvas del estadio II, y fue significativamente diferente a los demás tratamientos, excepto para el tratamiento de 500 LE/ha. En el segundo monitoreo, el tratamiento de clorpirifos tuvo la mayor cantidad de larvas, por que el efecto del insecticida disminuyó. Al comparar las dosis de 500 LE/ha, el tratamiento de dosis para reciclaje presentó una menor cantidad de larvas que las dosis no recicladas, indicando que iguales dosis tienen un resultado diferente a pesar de encontrarse bajo las mismas condiciones en el experimento (Cuadro 4). Para el tercer monitoreo, en el tratamiento con 1000 LE/ha reciclado se recolectó siete veces más larvas que en el tratamiento con clorpirifos (Cuadro 4). Estas diferencias fueron encontradas solo para el número de larvas del estadio II, aunque en el número de larvas vivas en 20 plantas fueron significativas ( $P<0.10$ ) solo para el primero y segundo monitoreo (Cuadro 2).

#### 4.1.2 Porcentaje de larvas muertas por virus

En el ANDEVA no se incluyeron los tratamientos de clorpirifos y testigo por que no presentaron larvas muertas por virus. El porcentaje de larvas muertas por virus fue altamente significativo entre los monitoreos ( $P=0.0001$ ) (Anexo 1). Los mayores porcentajes de mortalidad se registraron en el primer monitoreo, pero no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con VPN (Cuadro 7). No hubo una dosis de VPN que presentara un mejor control a las poblaciones de *S. frugiperda*. Las diferencias en mortalidad fueron grandes pero no estadísticamente significativas, debido a la poca cantidad de larvas que se recolectaron (Cuadro 2).

En el primer monitoreo, el tratamiento con 1000 LE/ha reciclado presentó un 62.5% de las larvas muertas por virus (Cuadro 7), siendo un 76.9% mayor que las dosis de 250 LE/ha y un 31.7% mayor que las dosis de 500 LE/ha. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativamente diferentes. Román (1998) observó que a mayor dosis utilizada mayor porcentaje de mortalidad.

Cuadro 3. Número de larvas del estadio I encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1 | MONITOREO 2 | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 1.3 ± 0.5 a | 1.0 ± 0.7 a | 1.0 ± 0.6 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 500 LE /ha reciclado | 2.0 ± 0.9 a | 1.5 ± 0.7 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.5 ± 0.5 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 0.8 ± 0.5 a | 0.5 ± 0.5 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 250 LE/ha            | 1.5 ± 0.7 a | 2.0 ± 1.4 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 500 LE/ha            | 1.8 ± 0.5 a | 0.8 ± 0.8 a | 1.0 ± 0.7 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 1.3 ± 0.6 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.5 ± 0.3 a |
| Clorpirifos          | 0.5 ± 0.3 a | 3.3 ± 1.2 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 4. Número de larvas del estadio II encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2   | MONITOREO 3  | MONITOREO 4 |
|----------------------|--------------|---------------|--------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 6.0 ± 2.3 a  | 3.5 ± 0.9 abc | 2.3 ± 1.6 ab | 2.0 ± 0.8 a |
| 500 LE /ha reciclado | 5.3 ± 1.7 a  | 1.3 ± 0.8 c   | 2.0 ± 0.7 ab | 2.0 ± 0.4 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 5.0 ± 1.4 a  | 2.0 ± 0.4 bc  | 3.5 ± 1.2 a  | 2.8 ± 0.9 a |
| 250 LE/ha            | 0.5 ± 0.7 a  | 2.5 ± 0.9 bc  | 1.8 ± 0.9 ab | 1.8 ± 0.6 a |
| 500 LE/ha            | 2.0 ± 0.4 ab | 4.8 ± 0.9 ab  | 1.3 ± 0.8 ab | 1.3 ± 0.9 a |
| Testigo              | 5.0 ± 1.5 a  | 1.8 ± 0.6 bc  | 2.8 ± 0.9 ab | 1.5 ± 0.7 a |
| Clorpirifos          | 1.0 ± 0.7 b  | 7.0 ± 1.0 a   | 0.5 ± 0.3 b  | 8.3 ± 5.1 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 5. Número de larvas del estadio III encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1 | MONITOREO 2 | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 2.0 ± 0.8 a | 1.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a | 1.3 ± 0.8 a |
| 500 LE /ha reciclado | 2.0 ± 0.4 a | 0.8 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.5 ± 0.5 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 2.8 ± 0.9 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.8 ± 0.8 a |
| 250 LE/ha            | 1.8 ± 0.6 a | 1.8 ± 1.0 a | 1.0 ± 0.4 a | 0.5 ± 0.3 a |
| 500 LE/ha            | 1.3 ± 0.9 a | 0.8 ± 0.3 a | 1.3 ± 0.5 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 1.5 ± 0.7 a | 0.8 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.8 ± 0.5 a |
| Clorpirifos          | 8.3 ± 5.1 a | 0.8 ± 0.3 a | 0.5 ± 0.5 a | 0.8 ± 0.3 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.10 SNK).

Cuadro 6. Número de larvas del estadio IV encontradas en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1 | MONITOREO 2 | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.5 ± 0.3 a | 0.5 ± 0.3 a |
| 500 LE /ha reciclado | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 0.0 ± 0.0 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a |
| 250 LE/ha            | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.8 ± 0.8 a | 1.0 ± 0.6 a |
| 500 LE/ha            | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.5 ± 0.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 0.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a | 2.0 ± 1.1 a | 0.5 ± 0.3 a |
| Clorpirifos          | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.5 ± 0.3 a | 0.0 ± 0.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.10 SNK).

Cuadro 7. Porcentaje de larvas de *S. frugiperda* muertas por VPN en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.<sup>a</sup>

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 32.8 ± 7.9 a  | 27.5 ± 16.0 a | 3.1 ± 3.1 a   | 5.0 ± 5.0 a   |
| 500 LE /ha reciclado | 57.1 ± 8.2 a  | 4.1 ± 4.1 a   | 6.3 ± 6.3 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 1000 LE/ha reciclado | 62.5 ± 4.2 a  | 6.3 ± 6.3 a   | 3.6 ± 3.6 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 250 LE/ha            | 42.2 ± 10.8 a | 8.6 ± 5.1 a   | 8.3 ± 8.3 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 500 LE/ha            | 37.8 ± 15.4 a | 3.1 ± 3.1 a   | 12.5 ± 12.5 a | 25.0 ± 25.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para el análisis.

En el segundo monitoreo, el tratamiento de 250 LE/ha reciclado presentó el mayor porcentaje de mortalidad por virus, un 68.7% mayor mortalidad que la dosis de 250 LE/ha no reciclado, un 86.9% mayor mortalidad que el tratamiento de 500 LE/ha (Cuadro 7). Las diferencias encontradas no fueron significativamente diferentes.

En el tercer monitoreo, los tratamientos de 250 LE/ha y 500 LE/ha no reciclados registraron mayores porcentajes de mortalidad, pero no significativas de las dosis de VPN reciclado (Cuadro 7). El tratamiento de 250 LE/ha no reciclado presentó un 92.7% más mortalidad que el tratamiento de 250 LE/ha reciclado. Para el tratamiento de 500 LE/ha no reciclado fue un 98.4% más que la dosis de 500 LE/ha reciclado.

Aunque se observó un alto porcentaje de larvas en los estadios susceptibles (estadios I-III) en el primero y segundo monitoreo. No se encontraron diferencias significativas entre el porcentaje de larvas de los estadios susceptibles que murieron por VPN entre los tratamientos (Cuadro 8), pero si se encontró una diferencia significativa entre los monitoreos ( $P=0.0223$ ) (Anexo 2). En el primer monitoreo se presentó el mayor porcentaje de larvas susceptibles muertas por VPN. El mayor porcentaje de mortalidad registrado en el total de larvas muertas por VPN, relacionado un 100% con larvas muertas por VPN que correspondía a los estadios susceptibles. A medida que aumentó el desarrollo del cultivo el porcentaje de larvas susceptibles muertas por VPN fue menor (Cuadro 8).

#### 4.1.3 Cantidad de virus recuperado

El CCBCA vende VPN *S. frugiperda* estandarizado a  $6 \times 10^9$  CIPs/ml. Para llegar a dicha concentración se necesita diluir 5.18 larvas de los estadios IV y V por ml de agua destilada (Román, 1998). Larvas de los estadios IV y V serían los ideales para ser recuperados obteniendo la mayor cantidad de virus posible. En el Experimento I se recuperó entre 24 -  $45 \times 10^6$  CIPs por larva (Cuadro 9). Las cantidades de CIPs por larva no fueron estadísticamente diferentes ( $P>0.10$ ) entre las tres dosis. La recuperación de VPN después de aplicar 1000 LE/ha fue un 85.3% mayor que la recuperación de 500 LE/ha aplicados y 39.3% mayor que la recuperación de 250 LE/ha aplicados. La cantidad de VPN recuperado está relacionado con el tiempo de exposición del hospedero al VPN, del estadio larval y a las condiciones climáticas al momento de la aplicación (Richards *et al.*, 1998).

Cuadro 9. Cantidad promedio de CIPs por larva recuperado después de aplicar tres dosis de VPN *S. frugiperda* en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| Tratamiento | Cantidad promedio de CIPs por larva ( $10^6$ ) | Total de larvas infectadas |
|-------------|--|----------------------------|
| 250 LE/ha   | 32.6 ± 22.6 a                                  | 11                         |
| 500 LE/ha   | 24.5 ± 8.6 a                                   | 16                         |
| 1000 LE/ha  | 45.4 ± 15.5 a                                  | 14                         |

Los valores con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $P>0.10$ , SNK)

Cuadro 8. Porcentaje del total de larvas muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (Estadios I-III) en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 32.8 ± 7.9 a  | 27.5 ± 16.0 a | 3.1 ± 3.1 a   | 6.7 ± 6.7 a   |
| 500 LE /ha reciclado | 57.1 ± 8.2 a  | 4.2 ± 4.2 a   | 6.3 ± 6.3 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 1000 LE/ha reciclado | 62.5 ± 4.2 a  | 8.3 ± 8.3 a   | 5.4 ± 5.4 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 250 LE/ha            | 42.2 ± 10.8 a | 8.6 ± 5.1 a   | 16.7 ± 16.7 a | 0.0 ± 0.0 a   |
| 500 LE/ha            | 37.8 ± 15.4 a | 3.1 ± 3.1 a   | 12.5 ± 12.5 a | 25.0 ± 25.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para el análisis.

La cantidad de VPN recuperado en función al número de larvas recolectadas (Figura 1) presentó una relación lineal, en donde los valores se ajustaron en un 65.4%. Al recolectar cinco larvas se obtendrá  $0.1577 \times 10^9$  CIPs. Según la función a mayor cantidad de larvas mayor cantidad de CIPs recuperado.

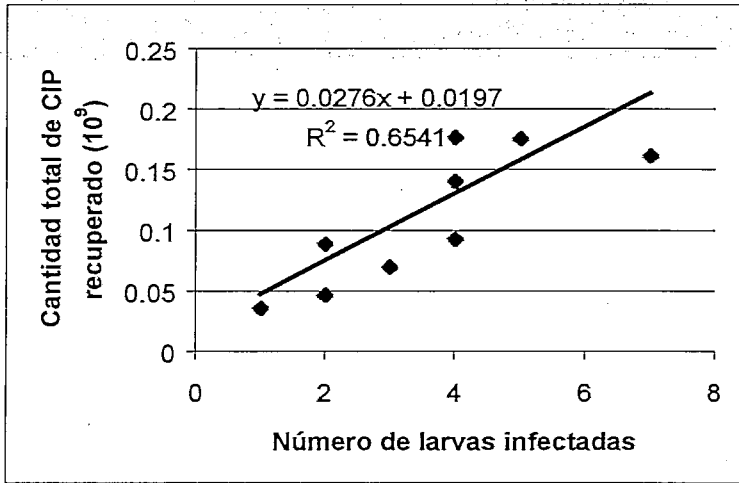


Figura 1. Cantidad total de CIP recuperado por el número de larvas infestadas por parcela en el Experimento I.

La cantidad de CIPs por larva se pasó a unidades de CIPs por ha. Se consideró que un agricultor recolecta 100 larvas en una hora. Se multiplicó la cantidad de CIPs por larva por el porcentaje de infestación del primer monitoreo. En el Cuadro 10 se presenta la cantidad de CIPs/ha basada en 100 larvas recolectadas. La cantidad CIPs que se obtienen, se utilizó para la segunda aplicación en los tratamientos de reciclaje.

Cuadro 10. Cantidad total de CIPs/ha de tres dosis de VPN *S. frugiperda* en el Experimento I.

| Tratamiento | Número de larvas posiblemente infectadas de 100 larvas recolectadas | Cantidad de CIP/ha (10 <sup>9</sup> ) |
|-------------|---|---------------------------------------|
| 250 LE      | 32.8  | 1.07                                  |
| 500 LE      | 57.1  | 1.40                                  |
| 1000 LE     | 62.5  | 2.84                                  |

Para llegar a obtener la dosis de 250 LE/ha se necesita recolectar 1401 larvas/ha al aplicar 250 LE/ha; 1071 larvas al aplicar 500 LE/ha, y 528 larvas al aplicar 1000 LE/ha. Hay que considerar que las condiciones ambientales son un factor determinante en la efectividad del VPN en el campo (Richards *et al.*, 1998).

#### 4.1.4 Porcentaje de emergencia de parasitoides

Los principales parasitoides presentes en la época de postrera fueron *Archytas* sp. y *Aleiodes* sp. Existieron diferencias significativas entre los monitoreos ( $P=0.0223$ ) y entre los tratamientos ( $P=0.0375$ ) (Anexo 2).

En el primer monitoreo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 11). Sin embargo, hubo un 33.3% en el tratamiento con clorpirifos, debido a que el número de larvas recolectadas fue muy bajo, por lo que el porcentaje de mortalidad fue mayor. Los porcentajes de parasitismo no fueron proporcionales a las dosis de VPN. Se reportaron niveles de parasitismo entre 0 - 33.3%.

En el segundo monitoreo, existieron diferencias significativas ( $P<0.10$ ) entre el testigo y los demás tratamientos (Cuadro 11). El parasitismo en el tratamiento testigo fue 1.43 veces mayor que el promedio de los tratamientos con 250 LE/ha, 4.8 veces mayor que el promedio de los tratamientos con 500 LE/ha, 2.3 veces mayor que el tratamiento con 1000 LE/ha y 3.9 veces mayor que el tratamiento con clorpirifos. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de VPN. El parasitismo en los tratamientos con virus fue menor debido posiblemente a que el VPN afecta la emergencia de los parasitoides o que el VPN fue el principal factor de mortalidad para esos tratamientos (Cuadro 7).

Para el tercero y cuarto monitoreo, los niveles de parasitismo fueron de 0.0 - 31.6% y no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 11).

#### 4.1.5 Número de depredadores

El principal depredador en la época de postrera fue la tijereta *D. taeniatum*. Este depredador estuvo presente durante todo el ciclo del cultivo. Para el número de depredadores se observaron diferencias altamente significativas entre los monitoreos ( $P=0.0002$ ) y una interacción significativa entre el monitoreo y los tratamientos ( $P=0.0654$ ) (Anexo 2).

En el primer monitoreo, solamente el tratamiento de 250 LE/ha fue significativamente diferente ( $P<0.10$ ) que el tratamiento de clorpirifos, al presentar una diferencia de tres veces mayor (Cuadro 12). También, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con VPN, por lo que no existió un efecto adverso al aplicar el virus sobre el comportamiento de las tijeretas. El coeficiente de correlación de Pearson fue de 0.72 por lo que existió una correlación positiva y altamente significativa ( $P=0.0001$ ) (Cuadro 13), indicando que al aumentar las poblaciones de tijeretas aumentó las poblaciones de *S. frugiperda*. Este mismo comportamiento fue observado por Lastres (1990) que al aumentar el número de larvas aumenta el número de tijeretas durante el desarrollo del cultivo.

Cuadro 11. Porcentaje de emergencia de parasitoides en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 16.8 ± 5.7 a  | 19.6 ± 12.2 b | 3.1 ± 3.1 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 500 LE/ha reciclado  | 0.0 ± 0.0 a   | 4.2 ± 4.2 b   | 6.3 ± 6.3 a   | 6.3 ± 6.3 a   |
| 1000 LE/ha reciclado | 7.3 ± 4.3 a   | 18.8 ± 12.0 b | 31.6 ± 11.1 a | 0.0 ± 0.0 a   |
| 250 LE/ha            | 11.8 ± 6.8 a  | 25.9 ± 10.2 b | 4.2 ± 4.2 a   | 11.3 ± 6.6 a  |
| 500 LE/ha            | 7.1 ± 7.1 a   | 17.5 ± 11.8 b | 18.8 ± 12.0 a | 0.0 ± 0.0 a   |
| Testigo              | 19.8 ± 8.2 a  | 62.5 ± 24.0 a | 8.1 ± 4.9 a   | 28.8 ± 18.1 a |
| Clorpirifos          | 33.3 ± 33.3 a | 19.0 ± 8.4 b  | 11.0 ± 11.0 a | 1.0 ± 1.0 a   |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 12. Número de depredadores encontrados en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2  | MONITOREO 3   | MONITOREO 4  |
|----------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 8.5 ± 1.9 ab | 9.8 ± 0.5 a  | 10.3 ± 0.9 b  | 9.8 ± 0.5 a  |
| 500 LE /ha reciclado | 8.3 ± 0.5 ab | 9.3 ± 1.2 a  | 9.8 ± 1.7 b   | 10.8 ± 2.1 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 8.3 ± 0.6 ab | 9.0 ± 1.5 a  | 8.3 ± 1.4 b   | 7.3 ± 0.9 a  |
| 250 LE/ha            | 10.3 ± 0.6 a | 10.0 ± 0.6 a | 11.0 ± 2.0 b  | 13.0 ± 2.4 a |
| 500 LE/ha            | 7.5 ± 1.4 ab | 9.0 ± 1.5 a  | 15.5 ± 2.4 ab | 9.5 ± 2.1 a  |
| Testigo              | 9.0 ± 1.1 ab | 10.3 ± 0.3 a | 17.3 ± 1.3 a  | 11.8 ± 1.3 a |
| Clorpirifos          | 3.0 ± 2.4 b  | 11.8 ± 0.5 a | 14.3 ± 1.0 ab | 12.0 ± 2.7 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 13. Correlación entre número de tijeretas - larvas totales en el Experimento I por monitoreo. Se presentan las medias y su EE de las tijeretas y larvas totales.

| Monitoreo | Tijeretas  | Total de larvas | Coefficiente de Pearson | P      |
|-----------|------------|-----------------|-------------------------|--------|
| 1         | 7.8 ± 0.6  | 6.4 ± 0.7       | 0.72                    | 0.0001 |
| 2         | 10.4 ± 0.4 | 5.5 ± 0.6       | 0.41                    | 0.04   |
| 3         | 12.3 ± 0.8 | 3.8 ± 0.4       | 0.26                    | 0.17   |
| 4         | 10.6 ± 0.7 | 4.4 ± 0.8       | 0.45                    | 0.015  |

En el segundo monitoreo, no hubieron diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 12). El coeficiente de correlación de Pearson es de 0.41, pero esta correlación es significativa.

En el tercer monitoreo, la presencia de tijeretas fue significativamente mayor en los tratamientos testigo, 500 LE/ha no reciclado y clorpirifos (Cuadro 12). El coeficiente de correlación de Pearson es de 0.26 para el monitoreo, presentando una probabilidad baja no significativa entre la cantidad de tijeretas y la población de *S. frugiperda* (Cuadro 13).

En el cuarto monitoreo, no se encontraron diferencias significativas entre el número de depredadores en los tratamientos (Cuadro 12). Existe un coeficiente de correlación de Pearson significativo ( $P=0.015$ ), pero esta correlación es baja (0.45) (Cuadro 13).

Lastres (1990) encontró que una tijereta por planta tiene un efecto significativo en el control de larvas de *S. frugiperda*, y que al incrementar la edad de la planta aumenta el número de tijeretas. La depredación de larvas de *S. frugiperda* del estadio II por las tijeretas esta más influenciada por el tamaño de la planta que por la densidad del hospedero. En las primeras dos semanas después de emergida planta las tijeretas no son los depredadores de importancia de *S. frugiperda*.

#### 4.1.6 Porcentaje de mortalidad total

En el porcentaje de mortalidad total se incluye la mortalidad debida al virus, bacterias, hongos, parasitismo y otros factores no identificados. Hubo diferencias significativas entre los monitoreos ( $P=0.0654$ ) y la interacción monitoreo por tratamiento no fue significativa ( $P=0.0506$ ) (Anexo 3).

En el primer monitoreo, las diferencias de mortalidad total entre la aplicación de 1000 LE/ha y la aplicación de clorpirifos fueron significativas ( $P<0.10$ ) (Cuadro 14), principalmente por que el VPN causó un 62.5% de mortalidad. En el segundo y tercer monitoreo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. En el cuarto monitoreo, la dosis de 500 LE/ha no reciclado presentó una mortalidad significativamente mayor ( $P<0.10$ ) que el tratamiento de clorpirifos (Cuadro 14), pero, en este último tratamiento se encontró una menor cantidad de larvas al momento de realizar el monitoreo.

Se realizó un análisis donde se eliminó la mortalidad debida a factores no identificados y solo se incluyó la mortalidad por virus, parasitismo, bacterias y hongos. Existieron diferencias significativas entre los monitoreos ( $P=0.0001$ ) (Anexo 3). En el primero, segundo y cuarto monitoreo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. (Cuadro 14). En el tercer monitoreo, el tratamiento de 250 LE/ha no reciclado y 1000 LE/ha reciclado presentaron porcentajes de mortalidad que fueron significativamente diferentes al tratamiento testigo, 500 LE/ha reciclado y clorpirifos (Cuadro 15). Estas diferencias no pudieron ser observadas en la comparación de la mortalidad total (Cuadro 14), la mortalidad por factores no identificados encubren el

Cuadro 14. Porcentaje de mortalidad total durante el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1    | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4    |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 82.3 ± 10.4 ab | 76.8 ± 9.3 a  | 87.5 ± 12.5 a | 30.0 ± 19.2 ab |
| 500 LE /ha reciclado | 82.9 ± 6.7 ab  | 62.5 ± 21.9 a | 43.8 ± 15.7 a | 43.8 ± 21.4 ab |
| 1000 LE/ha reciclado | 100.0 ± 0.0 a  | 68.7 ± 12.0 a | 75.6 ± 10.9 a | 49.0 ± 21.3 ab |
| 250 LE/ha            | 81.1 ± 8.0 ab  | 63.2 ± 5.2 a  | 46.9 ± 20.7 a | 72.5 ± 16.0 ab |
| 500 LE/ha            | 77.1 ± 15.7 ab | 48.8 ± 15.2 a | 85.4 ± 8.6 a  | 87.5 ± 12.5 a  |
| Testigo              | 55.6 ± 3.9 ab  | 68.8 ± 23.7 a | 66.3 ± 19.7 a | 65.0 ± 23.6 ab |
| Clorpirifos          | 50.0 ± 28.9 b  | 54.0 ± 4.0 a  | 66.7 ± 19.3 a | 14.6 ± 6.9 b   |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.10 SNK).

Cuadro 15. Porcentaje de mortalidad debido al efecto aditivo de todos los factores reconocidos de mortalidad en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3    | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 53.5 ± 8.4 a  | 41.1 ± 21.5 a | 18.8 ± 12.0 ab | 5.0 ± 5.0 a   |
| 500 LE /ha reciclado | 72.0 ± 10.4 a | 20.8 ± 12.5 a | 12.5 ± 12.5 b  | 6.3 ± 6.3 a   |
| 1000 LE/ha reciclado | 81.3 ± 7.1 a  | 25.0 ± 14.4 a | 47.6 ± 5.1 a   | 0.0 ± 0.0 a   |
| 250 LE/ha            | 64.9 ± 14.5 a | 37.0 ± 17.1 a | 15.6 ± 8.9 a   | 11.3 ± 6.6 a  |
| 500 LE/ha            | 44.9 ± 17.7 a | 23.8 ± 16.6 a | 31.3 ± 12.0 ab | 25.0 ± 25.0 a |
| Testigo              | 19.8 ± 8.2 a  | 62.5 ± 23.9 a | 8.13 ± 4.9 b   | 28.8 ± 18.1 a |
| Clorpirifos          | 41.7 ± 30.1 a | 22.8 ± 7.5 a  | 11.1 ± 11.1 b  | 1.0 ± 1.0 a   |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.10 SNK).

verdadero efecto de los factores reconocidos.

#### 4.1.7 Porcentaje de empupe y adultos

El porcentaje de empupe fue significativamente diferente entre los monitoreos ( $P=0.0054$ ) y una interacción significativa entre los monitoreos y los tratamientos ( $P=0.0766$ ) (Anexo 4). En el primer monitoreo, el tratamiento de 1000 LE/ha solo fue significativamente diferente ( $P<0.10$ ) al tratamiento testigo (Cuadro 16), al no presentar larvas que llegaron a formar pupas. En el segundo y tercer monitoreo no se presentaron diferencias significativas, reportando valores entre 35.8 - 68.8% y 20.8 - 68.8% respectivamente, no se pudo observar diferencias debido a la poca cantidad de larvas recolectadas, por lo que la variación entre los resultados fue alto. En el cuarto monitoreo, los mayores porcentaje de empupe fueron los tratamientos de 250 LE/ha reciclado y clorpirifos, observando una diferencia significativa solo con el tratamiento de 500 LE/ha (Cuadro 16).

El porcentaje de adultos que se desarrollaron en el ciclo del cultivo fue significativo, entre los monitoreos ( $P=0.0698$ ) (Anexo 4). En promedio, el cuarto monitoreo presentó el mayor porcentaje de adultos (48.2%). En el primer monitoreo, todas las larvas del tratamiento de 1000 LE/ha reciclado murieron antes de completar su ciclo y fue significativamente diferente ( $P<0.10$ ) al testigo. El tratamiento testigo presentó un mayor porcentaje de adultos (Cuadro 17).

#### 4.1.8 Rendimiento

El rendimiento se vio muy afectado por el fenómeno de El Niño. Las condiciones durante la época de postrera no fueron las ideales para un desarrollo adecuado del cultivo. En el Cuadro 18, se presentan los rendimientos promedios en qq/ha. El cálculo del rendimiento se basó en la densidad de plantas por hectárea que fue de 55000 plantas por ha.

Cuadro 18. Rendimiento promedio en qq/ha del Experimento I. Postrera 1997. Se presentan las medias y EE.

| Tratamiento          | Rendimiento<br>(qq/ha) |
|----------------------|------------------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 22.0 ± 3.4 a           |
| 500 LE/ha reciclado  | 14.7 ± 3.6 a           |
| 1000 LE/ha reciclado | 19.8 ± 6.2 a           |
| 250 LE/ha            | 18.2 ± 2.5 a           |
| 500 LE/ha            | 22.9 ± 7.3 a           |
| Testigo              | 17.4 ± 4.7 a           |
| Clorpirifos          | 22.8 ± 6.9 a           |

Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P>0.10$ , SNK).

Cuadro 16. Porcentaje de empuje de larvas de *S. frugiperda* que se desarrollaron en el Experimento I. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1    | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4    |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 17.7 ± 10.4 ab | 35.8 ± 6.9 a  | 25.0 ± 17.7 a | 85.0 ± 9.6 a   |
| 500 LE /ha reciclado | 17.1 ± 6.7 ab  | 71.7 ± 22.1 a | 68.8 ± 18.8 a | 56.3 ± 21.4 ab |
| 1000 LE/ha reciclado | 0.0 ± 0.0 b    | 37.5 ± 12.5 a | 32.7 ± 15.4 a | 57.3 ± 20.9 ab |
| 250 LE/ha            | 18.9 ± 8.0 ab  | 41.0 ± 9.0 a  | 53.1 ± 20.7 a | 38.8 ± 17.1 ab |
| 500 LE/ha            | 19.8 ± 15.9 ab | 57.5 ± 19.2 a | 20.8 ± 12.5 a | 12.5 ± 12.5 b  |
| Testigo              | 62.5 ± 3.9 a   | 68.8 ± 18.8 a | 45.0 ± 22.2 a | 46.3 ± 21.7 ab |
| Clorpirifos          | 50.0 ± 28.9 ab | 49.7 ± 5.0 a  | 33.3 ± 19.3 a | 86.7 ± 7.1 a   |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 17. Porcentaje de adultos de *S. frugiperda* que se desarrollaron en el Experimento I. Se presentan las medias y su EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1    | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 17.7 ± 10.4 ab | 23.3 ± 9.3 a  | 12.5 ± 12.5 a | 70.0 ± 19.2 a |
| 500 LE /ha reciclado | 17.1 ± 6.7 ab  | 37.5 ± 21.9 a | 56.3 ± 15.7 a | 56.3 ± 21.4 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 0.0 ± 0.0 b    | 31.3 ± 12.0 a | 24.4 ± 10.9 a | 51.0 ± 21.3 a |
| 250 LE/ha            | 18.9 ± 8.0 ab  | 36.8 ± 5.2 a  | 53.1 ± 10.7 a | 27.5 ± 16.0 a |
| 500 LE/ha            | 19.8 ± 15.9 ab | 51.3 ± 15.2 a | 14.6 ± 8.6 a  | 12.5 ± 12.5 a |
| Testigo              | 62.5 ± 3.9 a   | 31.3 ± 23.7 a | 33.8 ± 19.7 a | 35.0 ± 23.6 a |
| Clorpirifos          | 50.0 ± 28.9 ab | 46.0 ± 4.0 a  | 33.3 ± 19.3 a | 85.4 ± 6.9 a  |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. Las cantidades de maíz cosechadas fueron muy bajas, por que una hectárea de producción comercial de grano normal llega a producir entre 80 - 100 qq/ha.<sup>2</sup>

#### 4.1.9 Conclusiones

1. Las dosis de VPN utilizadas no presentan una diferencia significativa en el control de larvas, al presentar el mismo grado de control. La diferencia es muy poca para poder recomendar cual es la dosis óptima que presenta el mejor grado de control.
2. El mejor control lo realiza el clorpirifos utilizando 1 L/ha, al encontrar un menor número de larvas dos días después de la aplicación, pero las poblaciones de *S. frugiperda* luego aumentan por eliminar a los enemigos naturales también.
3. El porcentaje de larvas de estadíos I-III muertas por virus disminuye en cada monitoreo.
4. La emergencia de parasitoides está relacionado con la cantidad de VPN aplicado, al reportar un mayor porcentaje de parasitismo en el tratamiento donde no se aplicó VPN.
5. Las tijeretas son los principales enemigos naturales en la época de postrera. Existe una correlación positiva y significativa entre el número de tijeretas y el número de larvas de *S. frugiperda*. La cantidad de tijeretas presentes en el cultivo no es afectada al utilizar VPN por lo que las dosis utilizadas no tienen un efecto adverso al depredador.
6. La metodología de reciclaje de VPN desarrollada no permite recuperar una gran cantidad de VPN del campo, debido a la poca cantidad de larvas durante la época de postrera.

#### 4.1.10 Recomendaciones

1. Tener la posibilidad de usar VPN *S. frugiperda* modificado, para reducir el tiempo de infección y poder tener un mejor control.
2. Realizar aplicaciones cuando las larvas se encuentran entre los estadíos I-III, por que presentan una mayor susceptibilidad al VPN.
3. Realizar estudios sobre las condiciones óptimas o desfavorables que afectan las aplicaciones de VPN así como la efectividad, bajo condiciones del trópico.
4. Realizar un estudio de reciclaje de VPN en la época de primera, ya que se reportan una mayor cantidad de larvas durante esa época.
5. Basar las aplicaciones de VPN en muestreo de los estadíos susceptibles de *S. frugiperda* y no en un nivel crítico del cultivo.

<sup>2</sup> RECONCO, R. 1998. Departamento de Agronomía, Zamorano, Honduras (Comunicación personal).

## 4.2 GENERALIDADES DEL EXPERIMENTO II

El Experimento II fue realizado en primera de 1998. Durante esta época no se presentó un nivel significativo de tijeretas en todas las etapas del cultivo. El principal enemigo natural fue el parasitoide *Chelonus* sp. La presencia de otras plagas en el cultivo no fue significativa. Solo se notó una baja presencia de afidos (*Aphis* sp.) y larvas del gusano elotero, *Helicoverpa zea* (Boddie).

### 4.2.1 Número de larvas vivas en 20 plantas

El número de larvas vivas en 20 plantas presentó una diferencia altamente significativa entre los tratamientos ( $P=0.0001$ ), y una diferencia altamente significativa ( $P=0.0001$ ) entre los monitoreos (Anexo 5).

En el primer monitoreo, el tratamiento de clorpirifos presentó menor número de larvas que los demás tratamientos ( $P<0.10$ ) (Cuadro 19). Esta diferencia entre el tratamiento de clorpirifos y los tratamientos de VPN se debe a que el VPN tiene un efecto lento en causar la enfermedad en larvas de *S. frugiperda*, contrario al clorpirifos que actúa rápidamente. No se encontraron diferencias significativas entre las dosis de VPN aplicadas.

En el segundo monitoreo, el testigo presentó 3.6 veces más larvas que el tratamiento de 500 LE/ha reciclado, siendo la única diferencia significativa ( $P<0.10$ ) encontrada. Entre los tratamientos de VPN y clorpirifos no presentaron diferencias significativas (Cuadro 19).

En el tercer monitoreo, el tratamiento con clorpirifos fue significativamente diferente ( $P<0.10$ ) al recolectarse una menor cantidad de larvas que los demás tratamientos, demostrando la efectividad y rapidez con que actúa el insecticida (Cuadro 19). El efecto que tiene el VPN dos días después de la aplicación no puede ser demostrado, debido a que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de VPN.

En el cuarto monitoreo, no se presentaron diferencias significativas en el número de larvas vivas en 20 plantas entre los tratamientos. Los promedios generales de cada monitoreo demuestran que la población de *S. frugiperda* tendió a disminuir a medida que aumentó la etapa vegetativa del cultivo (Cuadro 19).

El número de larvas vivas en 20 plantas se separó por estadio, para observar cual fue el estadio de predominancia en cada monitoreo. En el estadio I (Cuadro 20) el tratamiento de clorpirifos fue significativamente diferente ( $P<0.10$ ) por que presentó un menor número de larvas. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de VPN. En los siguientes monitoreos no fueron significativamente diferentes los tratamientos, debido a que el número de larvas del estadio I tendió a disminuir.

Cuadro 19. Número de larvas vivas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2    | MONITOREO 3  | MONITOREO 4 |
|----------------------|---------------|----------------|--------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 51.0 ± 5.4 a  | 15.5 ± 3.0 ab  | 7.0 ± 1.5 a  | 2.3 ± 0.8 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 52.8 ± 6.5 a  | 8.8 ± 2.1 b    | 8.3 ± 3.1 a  | 2.5 ± 1.0 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 56.3 ± 13.1 a | 20.3 ± 4.1 ab  | 9.8 ± 0.8 a  | 1.3 ± 0.3 a |
| 250 LE/ha            | 59.3 ± 8.0 a  | 24.0 ± 8.4 ab  | 8.8 ± 1.5 a  | 3.3 ± 1.1 a |
| 500 LE/ha            | 62.8 ± 10.4 a | 22.3 ± 2.7 ab  | 8.8 ± 2.5 a  | 2.8 ± 0.9 a |
| Testigo              | 60.3 ± 1.7 a  | 31.3 ± 2.7 a   | 15.0 ± 2.4 a | 3.0 ± 0.8 a |
| Clorpirifos          | 3.0 ± 1.7 b   | 25.0 ± 16.0 ab | 1.8 ± 0.5 b  | 2.8 ± 0.6 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 20. Número de larvas del estadio I encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2 | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 8.8 ± 4.0 a  | 1.8 ± 0.8 a | 0.5 ± 0.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 12.5 ± 1.0 a | 1.3 ± 0.6 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 14.8 ± 4.4 a | 4.5 ± 1.5 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 250 LE/ha            | 14.8 ± 1.4 a | 5.5 ± 2.6 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a |
| 500 LE/ha            | 18.5 ± 6.2 a | 3.3 ± 1.4 a | 0.3 ± 0.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 13.5 ± 1.6 a | 5.3 ± 1.3 a | 0.8 ± 0.5 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Clorpirifos          | 0.3 ± 0.3 b  | 4.3 ± 3.6 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.3 ± 0.3 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Al comparar el número de larvas del estadio II en el primer monitoreo, el tratamiento de clorpirifos presentó significativamente ( $P < 0.10$ ) la cantidad más baja (Cuadro 21). Para los tratamientos de VPN, se observaron valores que oscilaron entre 18.5 – 30.3%. En el segundo monitoreo, el tratamiento de 500 LE/ha no reciclado fue dos veces mayor que el tratamiento de 500 LE/ha reciclado, pero esta diferencia no fue diferente significativamente. Se obtuvo una respuesta diferente al aplicar 500 LE/ha en dos tratamientos, por que se encontró una cantidad diferente de larvas del estadio II. En el tercero y cuarto monitoreo no hubieron diferencias significativas para ningún tratamiento.

Al comparar el número de larvas del estadio III en el primer monitoreo, el tratamiento de clorpirifos fue significativamente menor ( $P < 0.10$ ) que los demás tratamientos (Cuadro 22). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de VPN, pero si entre el tratamiento testigo y el tratamiento de 250 LE/ha reciclado.

Los números de larvas del estadio IV fueron muy bajos para todos los monitoreos, los valores oscilaron entre 0.0 - 4.0 larvas (Cuadro 23), indicando que la mayor cantidad de larvas se encontraron entre los estadios susceptibles (I-III) al VPN. Los tratamientos de 250 LE/ha y 1000 LE/ha reportaron la mayor cantidad de larvas en el estadio IV. En los posteriores monitoreos, no se encontraron diferencias significativas.

No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en el número de larvas del estadio V (Cuadro 24).

El porcentaje de larvas susceptibles a la infección de VPN comprende los estadios I-III. Durante el Experimento II se reportó un alto porcentaje de larvas susceptibles, principalmente entre el primer y segundo monitoreo (Cuadro 25). En el primer monitoreo, los porcentajes de larvas susceptibles oscilaron entre 95.5 - 99.6%. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.10$ ) entre los tratamientos, reportando los mayores porcentajes los tratamientos de 500 LE/ha reciclado, 250 LE/ha y 500 LE/ha no reciclados. En el segundo monitoreo, los tratamientos de 250 LE/ha reciclado y 1000 LE/ha fueron significativamente mayores ( $P < 0.10$ ) que los tratamientos de 500 LE/ha reciclado, 250 LE/ha y 500 LE/ha no reciclados.

#### 4.2.2 Porcentaje de larvas muertas por virus

Para el análisis de varianza no se incluyó el tratamiento testigo y clorpirifos, ya que no presentaron larvas infestadas por VPN. Esto ayudó a detectar las posibles diferencias entre los tratamientos de VPN. El porcentaje de larvas muertas entre los monitoreos fue altamente significativa ( $P = 0.0001$ ) (Anexo 5); observándose que a medida que pasó el tiempo después de la aplicación el porcentaje de larvas muertas por VPN disminuyó (Cuadro 26).

En el primer monitoreo, la mortalidad por virus en el tratamiento de 1000 LE/ha reciclado fue significativamente mayor ( $P < 0.10$ ) a los demás tratamientos VPN (Cuadro 26). No se encontraron diferencias significativas entre las dosis de 250 LE/ha y

Cuadro 21. Número de larvas del estadio II encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2   | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 18.5 ± 5.4 b | 9.5 ± 1.9 ab  | 2.8 ± 1.7 a | 0.3 ± 0.3 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 22.3 ± 1.7 b | 4.3 ± 1.3 b   | 1.3 ± 0.6 a | 0.3 ± 0.3 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 23.5 ± 5.6 b | 10.8 ± 2.4 ab | 2.3 ± 0.5 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 250 LE/ha            | 26.8 ± 5.1 b | 8.3 ± 3.4 ab  | 3.0 ± 0.7 a | 0.3 ± 0.3 a |
| 500 LE/ha            | 30.3 ± 2.8 b | 8.8 ± 0.8 ab  | 2.3 ± 1.1 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 38.3 ± 1.6 a | 12.5 ± 1.9 a  | 2.8 ± 0.8 a | 0.3 ± 0.3 a |
| Clorpirifos          | 2.0 ± 1.1 c  | 9.3 ± 6.1 ab  | 0.5 ± 0.3 a | 0.3 ± 0.3 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 22. Número de larvas del estadio III encontradas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2  | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 21.3 ± 3.1 a  | 4.0 ± 0.9 a  | 2.5 ± 0.3 a | 0.5 ± 0.5 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 17.5 ± 4.3 ab | 2.0 ± 0.8 a  | 3.0 ± 1.0 a | 1.5 ± 0.9 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 15.8 ± 3.7 ab | 5.0 ± 1.9 a  | 5.5 ± 0.5 a | 0.5 ± 0.5 a |
| 250 LE/ha            | 17.5 ± 3.4 ab | 7.5 ± 4.0 a  | 2.5 ± 0.7 a | 0.8 ± 0.5 a |
| 500 LE/ha            | 13.8 ± 3.7 ab | 8.8 ± 2.6 a  | 2.8 ± 1.2 a | 0.8 ± 0.5 a |
| Testigo              | 8.5 ± 0.9 b   | 10.8 ± 1.0 a | 4.8 ± 2.3 a | 0.5 ± 0.3 a |
| Clorpirifos          | 0.5 ± 0.5 c   | 9.3 ± 5.8 a  | 0.8 ± 0.5 a | 1.0 ± 0.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 25. Porcentaje de larvas susceptibles (estadio I-III) que se recolectaron durante el Experimento II. Se presentan las medias y EE.<sup>a</sup>

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 95.5 ± 1.3 b | 99.0 ± 1.0 a  | 78.5 ± 7.0 a  | 18.8 ± 18.8 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 99.2 ± 0.5 a | 86.7 ± 8.2 b  | 59.5 ± 15.5 a | 65.0 ± 23.6 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 96.4 ± 0.7 b | 100.0 ± 0.0 a | 83.2 ± 7.6 a  | 25.0 ± 25.0 a |
| 250 LE/ha            | 99.7 ± 0.3 a | 84.7 ± 4.2 b  | 73.3 ± 16.7 a | 54.2 ± 17.2 a |
| 500 LE/ha            | 99.6 ± 0.4 a | 93.3 ± 4.2 b  | 57.1 ± 9.1 a  | 30.0 ± 23.8 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.10 SNK).

<sup>a</sup> Solo se incluye los tratamientos con VPN.

Cuadro 26. Porcentaje de larvas de *S. frugiperda* muertas por VPN en Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2  | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 31.2 ± 2.9 b | 29.4 ± 6.8 a | 20.8 ± 7.5 a  | 0.0 ± 0.0 a   |
| 500 LE/ha reciclado  | 36.5 ± 2.6 b | 16.3 ± 7.8 a | 12.8 ± 8.0 a  | 13.3 ± 8.2 a  |
| 1000 LE/ha reciclado | 52.7 ± 7.7 a | 29.6 ± 7.2 a | 22.1 ± 10.9 a | 12.5 ± 12.5 a |
| 250 LE/ha            | 34.5 ± 3.1 b | 35.0 ± 9.8 a | 26.4 ± 9.0 a  | 20.8 ± 12.5 a |
| 500 LE/ha            | 37.8 ± 4.4 b | 33.7 ± 2.8 a | 41.3 ± 17.4 a | 0.0 ± 0.0 a   |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes (P>0.10 SNK).

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para el análisis.

500 LE/ha, a pesar de que los errores estándares entre los tratamientos eran muy bajas. En el segundo, tercero y cuarto monitoreo, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

El porcentaje de larvas muertas por virus que corresponde a los estadios susceptibles (estadios I-III) fue significativamente diferente entre los monitoreos ( $P=0.0006$ ) (Anexo 6). Sin embargo, entre los tratamientos no se observaron diferencias significativas (Cuadro 27).

#### 4.2.3 Cantidad de virus recolectado

Las cantidades de virus recolectado en el Experimento II se presentan en el Cuadro 28.

Cuadro 28. Cantidad promedio de CIPs por larva recuperado cuatro días después de la aplicación de VPN *S. frugiperda* en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| Tratamiento | Cantidad promedio de CIPs por larva ( $10^7$ ) | Total de larvas infectadas |
|-------------|--|----------------------------|
| 250 LE/ha   | $4.69 \pm 0.73$ a                              | 80                         |
| 500 LE/ha   | $6.32 \pm 2.14$ a                              | 83                         |
| 1000 LE/ha  | $4.24 \pm 0.99$ a                              | 88                         |

Los valores seguidos de igual letra no son significativamente diferentes ( $P>0.10$ , SNK).

La cantidad de CIPs por larva no fue proporcional a la cantidad de VPN aplicado. La dosis de 500 LE/ha presentó una mayor cantidad de CIPs recuperado, pero no significativa (Cuadro 28).

Al recolectar entre 80 - 88 larvas por tratamiento de VPN en el campo no presentó una cantidad uniforme de CIPs recuperado (Figura 2). El tratamiento de 500 LE/ha reciclado presentó la mayor cantidad de CIPs ( $6.32 \times 10^7$  CIPs en 20 larvas) pero esta cantidad no fue significativa ( $P>0.10$ ) debido a la variabilidad en la cantidad de CIPs recuperado.

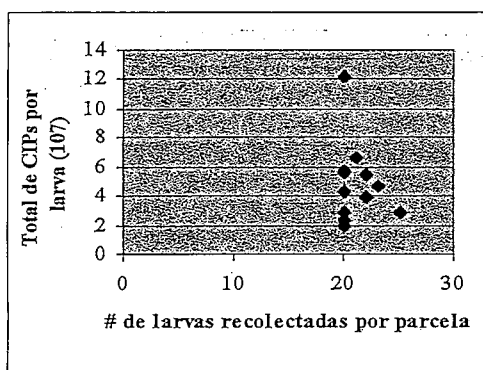


Figura 2. Cantidad total de CIPs recuperado por el número de larvas recolectadas por parcela en el Experimento II.

Cuadro 27. Porcentaje del total de larvas muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (Estadios I-III) en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 32.7 ± 2.9 a | 29.8 ± 7.1 a  | 26.0 ± 8.7 a  | 0.0 ± 0.0 a   |
| 500 LE/ha reciclado  | 36.7 ± 2.5 a | 16.7 ± 7.6 a  | 16.7 ± 9.6 a  | 16.7 ± 9.6 a  |
| 1000 LE/ha reciclado | 54.7 ± 8.1 a | 28.6 ± 7.2 a  | 25.4 ± 12.7 a | 15.2 ± 12.5 a |
| 250 LE/ha            | 34.6 ± 3.2 a | 41.9 ± 12.2 a | 49.4 ± 20.9 a | 75.0 ± 47.9 a |
| 500 LE/ha            | 38.0 ± 4.3 a | 36.3 ± 3.1 a  | 67.7 ± 31.2 a | 0.0 ± 0.0 a   |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para el análisis.

#### 4.2.4 Porcentaje de emergencia de parasitoides

Los niveles de emergencia de parasitoides fueron significativamente diferentes entre los monitoreos ( $P=0.0001$ ) (Anexo 6). Eso posiblemente se debe a que el número de larva vivas en 20 plantas también disminuyó (Cuadro 19). Los principales parasitoides que se encontraron fueron de los géneros *Archytas*, *Lespesia*, *Chelonus* y *Pristomerus*, presentando el mayor porcentaje de parasitismo el género *Chelonus*.

En el análisis de varianza no se incluyó el tratamiento de clorpirifos por que presentó mucha variabilidad en el porcentaje de parasitismo, incubiendo el efecto que tienen las aplicaciones de VPN.

En los primeros dos monitoreos, la emergencia de parasitoides en el tratamiento testigo fue significativamente mayor ( $P<0.10$ ) que los tratamientos con VPN, al reportar un 78.2% (Cuadro 29). La diferencia demuestra que las aplicaciones de VPN tiene un efecto en la emergencia de parasitoides, por que pudo afectar el desarrollo del parasitoide dentro de la larva. En el primer monitoreo, el tratamiento testigo fue un 68.8% mayor que las aplicaciones de VPN. Para el segundo monitoreo el tratamiento testigo fue un 96.7% mayor que las aplicaciones de VPN.

#### 4.2.5 Porcentaje de mortalidad total

Los porcentajes de mortalidad total para todos los tratamientos fueron altos, encontrándose diferencias significativas entre los monitoreos ( $P=0.0001$ ) (Anexo 7). No hubieron diferencias significativas entre los tratamientos, debido a la alta variación que se registró en el tratamiento de clorpirifos (Cuadro 30). En el primer monitoreo, los tratamientos de VPN presentaron los mayores porcentajes de mortalidad total. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellos. El porcentaje de mortalidad total disminuyó y el porcentaje de supervivencia aumentó a medida que se realizaron los monitoreos.

El porcentaje de mortalidad debido a factores reconocidos incluye la mortalidad causada por parasitismo, virus, bacterias y hongos. Los porcentajes de mortalidades de los factores reconocidos entre los monitoreos fue significativamente diferente ( $P=0.0001$ ) (Anexo 7). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en todos los monitoreos (Cuadro 31). Se observó una tendencia a disminuir el porcentaje de mortalidad por factores reconocidos a medida que se realizaron los monitoreos.

#### 4.2.6 Porcentaje de empupe y adultos

El porcentaje de empupe fue significativamente diferente ( $P=0.0001$ ) entre los monitoreos (Anexo 8). Los mayores porcentajes de empupe se registraron en el cuarto monitoreo. Solo en el primer monitoreo se encontró una diferencia significativa ( $P<0.10$ )

Cuadro 29. Porcentaje de emergencia de parasitoides en el Experimento II. Se presentan las medias y EE. <sup>a</sup>

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 47.2 ± 4.8 b | 41.2 ± 13.0 b | 47.4 ± 11.3 a | 14.6 ± 8.6 a  |
| 500 LE/ha reciclado  | 44.4 ± 2.9 b | 36.7 ± 7.6 b  | 40.1 ± 11.1 a | 23.3 ± 14.5 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 31.6 ± 5.7 b | 20.0 ± 6.6 b  | 46.2 ± 11.3 a | 12.5 ± 12.5 a |
| 250 LE/ha            | 47.5 ± 3.4 b | 29.2 ± 8.1 b  | 41.2 ± 13.7 a | 6.3 ± 6.3 a   |
| 500 LE/ha            | 42.1 ± 5.0 b | 27.8 ± 7.8 b  | 13.8 ± 8.2 a  | 38.3 ± 21.7 a |
| Testigo              | 78.2 ± 2.1 a | 61.0 ± 4.1 a  | 35.2 ± 5.1 a  | 31.7 ± 12.3 a |
| Clorpirifos          | 71.9 ± 24.1  | 41.4 ± 14.3   | 58.3 ± 25.0   | 14.6 ± 8.6    |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

<sup>a</sup> No se incluye el tratamiento de clorpirifos en el análisis por su alto EE.

Cuadro 30. Porcentaje de mortalidad total durante el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 97.1 ± 1.9 a  | 83.3 ± 7.9 a  | 75.7 ± 6.2 a  | 27.1 ± 17.8 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 95.4 ± 1.4 a  | 76.0 ± 5.5 a  | 64.1 ± 13.0 a | 61.7 ± 21.7 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 97.2 ± 0.3 a  | 71.0 ± 10.5 a | 76.4 ± 13.9 a | 25.0 ± 25.0 a |
| 250 LE/ha            | 97.1 ± 1.1 a  | 76.2 ± 6.6 a  | 76.8 ± 9.2 a  | 31.3 ± 12.0 a |
| 500 LE/ha            | 95.5 ± 1.9 a  | 76.6 ± 6.7 a  | 66.2 ± 12.2 a | 43.3 ± 20.8 a |
| Testigo              | 90.5 ± 1.8 a  | 71.9 ± 3.4 a  | 56.4 ± 4.3 a  | 56.7 ± 15.8 a |
| Clorpirifos          | 75.0 ± 25.0 a | 51.1 ± 17.7 a | 66.7 ± 23.6 a | 22.9 ± 15.7 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 31. Porcentaje de mortalidad debido al efecto aditivo de todos los factores reconocidos de mortalidad en el Experimento II.  
Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 85.8 ± 3.1 a  | 74.4 ± 9.2 a  | 70.7 ± 10.7 a | 20.8 ± 12.5 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 86.8 ± 2.0 a  | 54.6 ± 13.0 a | 57.8 ± 17.9 a | 36.7 ± 21.3 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 89.7 ± 2.7 a  | 58.6 ± 6.5 a  | 70.5 ± 11.7 a | 25.0 ± 25.0 a |
| 250 LE/ha            | 86.9 ± 3.9 a  | 66.4 ± 5.0 a  | 73.7 ± 11.2 a | 31.3 ± 12.0 a |
| 500 LE/ha            | 83.9 ± 2.2 a  | 67.4 ± 6.4 a  | 57.9 ± 20.1 a | 43.3 ± 20.8 a |
| Testigo              | 84.3 ± 1.6 a  | 64.6 ± 2.1 a  | 46.2 ± 2.7 a  | 31.7 ± 12.3 a |
| Clorpirifos          | 75.0 ± 25.0 a | 45.9 ± 16.3 a | 58.3 ± 25.0 a | 14.6 ± 8.6 a  |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

entre el tratamiento de clorpirifos y los tratamientos de 250 LE/ha reciclado, 1000 LE/ha reciclado y el testigo, por que presentó un porcentaje de empuje del 0%. (Cuadro 32).

En el segundo, tercero y cuarto monitoreo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

El porcentaje de adultos que se desarrollaron fue significativamente diferente entre los monitoreos ( $P=0.0001$ ) (Anexo 8). Solo en el primer monitoreo se encontraron diferencias significativas ( $P<0.10$ ) entre los tratamientos. El tratamiento testigo fue significativamente mayor al tratamiento de clorpirifos y el tratamiento de 250 LE/ha reciclado (Cuadro 33). No se encontraron diferencias significativas entre los restantes tratamientos de VPN.

#### 4.2.7 Porcentaje de daño en 20 plantas

En la escala de daño 0 en el primer monitoreo, el tratamiento de clorpirifos fue significativamente diferente ( $P<0.10$ ) que los demás tratamientos, debido a que el clorpirifos proporciona una mejor protección que las aplicaciones de VPN (Cuadro 34). Los porcentajes de daño 0 en los tratamientos de VPN fueron bajos, al reportar un nivel de daño entre 17.5 – 25.0%.

En el segundo monitoreo, el tratamiento de clorpirifos y 500 LE/ha reciclado presentaron los mayores porcentajes de daño, siendo significativamente mayores ( $P<0.10$ ) al tratamiento testigo (Cuadro 34). El daño disminuyó entre los tratamientos de VPN al reportar un mayor porcentaje de daño grado 0, pero no se encontraron diferencias significativas entre ellos.

En el tercer monitoreo, el tratamiento de clorpirifos fue significativamente mayor a los tratamientos de 500 LE/ha reciclado y no reciclado, 250 LE/ha no reciclado y el testigo. Para los tratamientos de VPN no se presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el porcentaje de daño para dicho tratamiento es menor (Cuadro 34). No se encontraron diferencias significativas en el cuarto monitoreo.

Para el porcentaje de daño grado 1, en el primer monitoreo solo el tratamiento de clorpirifos presentó un menor porcentaje de daño, debido al control que realizó (Cuadro 35). El tratamiento de 250 LE/ha no reciclado fue significativamente menor al tratamiento testigo. Para los siguientes monitoreos no se encontró una diferencia significativa ( $P>0.10$ ) entre los tratamientos. Sin embargo, se puede observar una tendencia general en los tratamientos de VPN un mayor daño que clorpirifos.

Para el porcentaje de daño grado 2 (Cuadro 36), en el primer monitoreo el tratamiento de 250 LE/ha no reciclado presentó el mayor daño y el tratamiento con clorpirifos el menor daño, debido a la protección que le dio al controlar la mayor cantidad de larvas. En el segundo monitoreo el tratamiento testigo presentó el mayor porcentaje de daño, siendo significativamente diferente solo el tratamiento de 500 LE/ha reciclado y 500 LE/ha no

Cuadro 32. Porcentaje de empuje de larvas de *S. frugiperda* que se desarrollaron en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 2.9 ± 1.9 bc  | 18.5 ± 7.3 a  | 29.9 ± 7.8 a  | 47.9 ± 22.2 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 4.6 ± 1.4 ab  | 24.0 ± 5.5 a  | 44.0 ± 16.2 a | 38.3 ± 21.7 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 2.8 ± 0.3 ab  | 30.0 ± 11.2 a | 26.7 ± 13.4 a | 25.0 ± 25.0 a |
| 250 LE/ha            | 3.2 ± 0.8 abc | 25.6 ± 8.3 a  | 23.2 ± 9.2 a  | 68.8 ± 12.0 a |
| 500 LE/ha            | 4.5 ± 1.9 bc  | 23.4 ± 6.7 a  | 33.8 ± 12.2 a | 56.7 ± 20.8 a |
| Testigo              | 9.5 ± 1.8 a   | 28.2 ± 3.4 a  | 48.5 ± 6.0 a  | 43.3 ± 15.8 a |
| Clorpirifos          | 0.0 ± 0.0 c   | 25.4 ± 9.5 a  | 33.3 ± 23.6 a | 77.1 ± 15.7 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 33. Porcentaje de adultos de *S. frugiperda* que se desarrollaron en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4   |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 2.9 ± 1.9 bc  | 16.7 ± 7.9 a  | 24.3 ± 6.2 a  | 47.9 ± 22.2 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 4.6 ± 1.4 ab  | 24.0 ± 5.5 a  | 35.9 ± 13.0 a | 38.3 ± 21.7 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 2.8 ± 0.3 ab  | 29.0 ± 10.5 a | 23.6 ± 13.9 a | 25.0 ± 25.0 a |
| 250 LE/ha            | 2.9 ± 1.1 abc | 23.8 ± 6.6 a  | 23.2 ± 9.2 a  | 68.8 ± 12.0 a |
| 500 LE/ha            | 4.5 ± 1.9 ab  | 23.4 ± 6.7 a  | 33.8 ± 12.2 a | 56.7 ± 20.8 a |
| Testigo              | 9.5 ± 1.8 a   | 28.2 ± 3.4 a  | 43.6 ± 4.3 a  | 43.3 ± 15.8 a |
| Clorpirifos          | 0.0 ± 0.0 c   | 23.9 ± 9.3 a  | 33.3 ± 23.6 a | 77.1 ± 15.7 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 34. Porcentaje de plantas con daño grado 0 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1   | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4  |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 23.8 ± 5.5 b  | 87.5 ± 5.2 ab | 90.0 ± 4.1 ab | 90.0 ± 4.6 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 25.0 ± 8.9 b  | 95.0 ± 3.5 a  | 66.3 ± 8.3 b  | 93.8 ± 2.4 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 26.3 ± 10.7 b | 86.3 ± 9.0 ab | 90.0 ± 5.0 ab | 93.8 ± 3.8 a |
| 250 LE/ha            | 17.5 ± 4.3 b  | 86.3 ± 5.5 ab | 72.5 ± 13.6 b | 86.3 ± 5.2 a |
| 500 LE/ha            | 20.0 ± 7.9 b  | 88.8 ± 5.2 ab | 68.8 ± 8.3 b  | 95.0 ± 2.0 a |
| Testigo              | 23.8 ± 3.8 b  | 68.8 ± 11.1 b | 61.3 ± 6.3 b  | 82.5 ± 5.2 a |
| Clorpirifos          | 95.0 ± 5.0 a  | 96.3 ± 2.4 a  | 100.0 ± 0.0 a | 90.0 ± 3.5 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 35. Porcentaje de plantas con daño grado 1 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1    | MONITOREO 2   | MONITOREO 3   | MONITOREO 4 |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 48.8 ± 11.6 ab | 7.5 ± 2.5 a   | 1.3 ± 1.3 a   | 5.0 ± 5.0 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 36.3 ± 7.2 ab  | 5.0 ± 3.5 a   | 15.0 ± 11.9 a | 1.3 ± 1.3 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 32.5 ± 3.2 ab  | 11.3 ± 9.7 a  | 5.0 ± 3.5 a   | 2.5 ± 2.5 a |
| 250 LE/ha            | 23.8 ± 5.5 b   | 12.5 ± 4.8 a  | 23.8 ± 12.5 a | 6.3 ± 2.4 a |
| 500 LE/ha            | 40.0 ± 10.2 ab | 8.8 ± 4.3 a   | 20.0 ± 11.6 a | 1.3 ± 1.3 a |
| Testigo              | 56.3 ± 8.5 a   | 25.0 ± 10.2 a | 11.3 ± 4.3 a  | 8.8 ± 1.3 a |
| Clorpirifos          | 2.5 ± 2.5 c    | 3.8 ± 2.4 a   | 0.0 ± 0.0 a   | 5.0 ± 2.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

reciclado. En el tercer monitoreo, el tratamiento testigo presentó un mayor porcentaje de plantas dañadas, siendo significativamente diferente ( $P < 0.10$ ) a los demás tratamientos. El tratamiento de clorpirifos presentó el menor porcentaje de daño grado 2. En el cuarto monitoreo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Para el porcentaje de daño grado 3 (Cuadro 37), los tratamientos de 250 LE/ha reciclado, el tratamiento testigo y clorpirifos presentaron el menor porcentaje de daño solo para el tratamiento de 500 LE/ha no reciclado. En el segundo, tercero y cuarto monitoreo no fueron significativamente diferentes los porcentajes de plantas con daño grado 3 entre los tratamientos.

En el porcentaje de daño grado 4 no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de cada monitoreo (Cuadro 38).

#### 4.9.8 Rendimiento

Se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre los tratamientos (Cuadro 39). El tratamiento de 250 LE/ha no reciclado y el tratamiento de 500 LE/ha no reciclado presentaron los mayores rendimientos, siendo significativamente mayor ( $P < 0.10$ ) solo al tratamiento de 250 LE/ha reciclado. El tratamiento de 250 LE/ha no reciclado fue 33.33% mayor que el tratamiento de 250 LE/ha reciclado. El tratamiento de 500 LE/ha no reciclado fue 48.5% mayor que el tratamiento de 500 LE/ha reciclado. El tratamiento de clorpirifos no fue significativamente diferente de los demás tratamientos.

Cuadro 39. Rendimiento promedio en qq/ha del Experimento II. Primera de 1998. Se presenta las medias y EE.

| Tratamiento          | Rendimiento promedio (qq/ha) |
|----------------------|------------------------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 37.50 ± 2.77 ab              |
| 500 LE/ha reciclado  | 33.20 ± 6.73 b               |
| 1000 LE/ha reciclado | 40.23 ± 8.61 ab              |
| 250 LE/ha            | 50.00 ± 4.42 a               |
| 500 LE/ha            | 49.32 ± 5.12 a               |
| Testigo              | 37.10 ± 3.52 ab              |
| Clorpirifos          | 44.14 ± 3.74 ab              |

Los valores seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$ , SNK)

El tratamiento de reciclaje que presentó un mejor rendimiento fue el tratamiento de 1000 LE/ha, un 7% mayor en rendimiento que el tratamiento de 250 LE/ha reciclado y un 21% que el tratamiento de 500 LE/ha reciclado. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativamente diferentes. El rendimiento de los tratamientos de 250 LE/ha no reciclado y 500 LE/ha no reciclado fueron significativamente superiores ( $P > 0.10$ ) solo al tratamiento de 500 LE/ha reciclado.

Cuadro 37. Porcentaje de plantas con daño grado 3 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1  | MONITOREO 2 | MONITOREO 3  | MONITOREO 4 |
|----------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 0.0 ± 0.0 b  | 1.3 ± 1.3 a | 3.8 ± 3.8 a  | 1.3 ± 1.3 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 8.8 ± 5.5 ab | 0.0 ± 0.0 a | 12.5 ± 5.2 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 8.8 ± 4.3 ab | 0.0 ± 0.0 a | 2.5 ± 1.4 a  | 1.3 ± 1.3 a |
| 250 LE/ha            | 6.3 ± 2.4 ab | 0.0 ± 0.0 a | 1.3 ± 1.3 a  | 3.8 ± 2.4 a |
| 500 LE/ha            | 12.5 ± 5.2 a | 2.5 ± 2.5 a | 3.8 ± 2.4 a  | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 0.0 ± 0.0 b  | 0.0 ± 0.0 a | 8.8 ± 4.3 a  | 1.3 ± 1.3 a |
| Clorpirifos          | 1.3 ± 1.3 b  | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a  | 0.0 ± 0.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

Cuadro 38. Porcentaje de plantas con daño grado 4 encontradas en 20 plantas en el Experimento II. Se presentan las medias y EE.

| TRATAMIENTO          | MONITOREO 1 | MONITOREO 2 | MONITOREO 3 | MONITOREO 4 |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 250 LE/ha reciclado  | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 1.3 ± 1.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 500 LE/ha reciclado  | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 1.3 ± 1.3 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 1000 LE/ha reciclado | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 250 LE/ha            | 1.3 ± 1.3 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |
| 500 LE/ha            | 3.8 ± 3.8 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Testigo              | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 3.8 ± 2.4 a | 0.0 ± 0.0 a |
| Clorpirifos          | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a | 0.0 ± 0.0 a |

Los valores en la misma columna seguidas de igual letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.10$  SNK).

#### 4.2.9. Conclusiones

1. El número de larvas vivas en 20 plantas durante la época de primera es alta, por lo que se puede hacer una mejor estimación del efecto del VPN. Clorpirifos presenta el mejor control de larvas en las aplicaciones realizadas a los 20 y 34 días después de la siembra.
2. La metodología desarrollada no permite recuperar suficiente cantidad de virus para ser utilizado en una segunda aplicación, debido a que solo se realizó una recolección de larvas del campo.
3. Durante la época de primera los parasitoides son uno de los principales factores de mortalidad, por lo que se deben considerar en el manejo del cultivo.
4. Con la dosis de 1000 LE/ha reciclado se obtiene el mayor porcentaje de mortalidad.
5. El porcentaje de mortalidad total es alto a los dos días después de la aplicación, pero el porcentaje de mortalidad disminuye a medida que se desarrolla el cultivo, debido a una disminución en el número de larvas vivas.
6. El mayor porcentaje de daño se presenta a los 22 días después de la siembra, predominando los daños grado 1 y 2, al encontrar porcentajes de daño entre 15 – 50% para los tratamientos de VPN.
7. Bajo las condiciones del Experimento II, con dos aplicaciones de VPN pueden obtenerse el mismo rendimiento por hectárea que dos aplicaciones de clorpirifos.

#### 4.9.10 Recomendaciones

1. Realizar monitoreos más frecuentes para recolectar la mayor cantidad de larvas en el campo, comenzando la recolección cuatro días después de la aplicación y recolectando por lo menos tres veces cada dos días.
2. Utilizar una dosis de 250 LE/ha a los 20 días después de la siembra, pero se debe considerar los estadios en que se encuentran las larvas al momento de la aplicación, para asegurar un buen control.
3. Realizar monitoreos más frecuentes para poder determinar el momento adecuado para realizar la aplicación, ya que las poblaciones podrían aumentar aceleradamente en cualquier etapa del cultivo.
4. La metodología desarrollada no permite recuperar suficiente cantidad de virus para ser utilizado en una segunda aplicación.
5. Considerar el uso de técnicas conservacionistas para mantener los insectos benéficos, por que las avispas pueden ser un factor de control de mucha importancia.

## 5. ANALISIS ECONOMICO DEL RECICLAJE DE VPN *S. frugiperda*

### 5.1 GENERALIDADES

En la producción comercial de maíz se utiliza una gran cantidad de insumos, como son el uso de plaguicidas y fertilizantes. Una opción para reducir los costos de producción del maíz y controlar poblaciones de *S. frugiperda* es el reciclaje de VPN para una segunda aplicación. Se realizó un análisis de dominancia para encontrar la alternativa más rentable (más beneficio neto por menos costo), evaluando diferentes dosis de VPN; se comparó con una aplicación química. La producción comercial de VPN tiene un alto costo de producción, debido a la elevada cantidad de mano de obra que se utiliza en el proceso, tanto para la producción de virus como para la producción del hospedero y el costo de producir las larvas de *S. frugiperda* para ser inoculadas con virus (Román, 1998). Como una alternativa para reducir el costo de las aplicaciones a los pequeños agricultores se trató de desarrollar una metodología de reciclaje de VPN para ser utilizada en una segunda aplicación.

### 5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

El costo de producir una hectárea de maíz comercial es de Lps. 3,602.04 (Cuadro 40). El principal costo de producción son los costos variables, que comprenden el uso de insumos y maquinaria, que corresponden un 85.1% del costo total. El costo de realizar una aplicación química es de Lps. 385.94 (un 10.7% del costo total) que incluye uso de equipo, insumos y mano de obra para la aplicación. El principal costo para una aplicación de insecticida es el precio del producto, utilizando Lorsban® (clorpirifos) a una razón de 1 – 1.5 L/ha. El uso de este insecticida ha causado problemas de resistencia y tiene un alto riesgo para la salud humana (Polania y Fonseca, 1993).

Los materiales necesarios para reciclar el VPN del campo son pocos, y no se necesita de un equipo de protección para su manejo. Se necesita básicamente un frasco plástico para colocar las larvas recolectadas. Se recomienda hacer muestreos frecuentes para tener una mayor cantidad de virus, comenzando cuatro días después de una aplicación comercial de VPN.

Los principales costos en una aplicación de VPN son los insumos, tiempo para aplicar una hectárea de maíz, una alta cantidad de mano de obra para la aplicación y el precio del VPN. Se estima que el tiempo para aplicar una bomba con capacidad de 15 litros es de 30 – 40 minutos. Un trabajador puede aplicar 15 bombas al día<sup>3</sup>. El tiempo para aplicar una hectárea de maíz con

<sup>3</sup> TRABANINO, R. 1998. Zamorano, Hond., Departamento de Protección Vegetal (Comunicación personal).

Cuadro 40. Costos de producción (Lempiras) de una hectárea de maíz comercial.

| Costos variables                | Cantidad | Unidades        | Costo/Unidad | Costo total    |
|---------------------------------|----------|-----------------|--------------|----------------|
| <b>Insumos</b>                  |          |                 |              |                |
| Semilla (Cargill)               | 1        | Bolsa de 50 Lbs | 700.00       | 700.00         |
| Fertilizante                    |          |                 |              |                |
| Urea                            | 4        | QQ              | 113.00       | 452.00         |
| 18-46-0                         | 4        | QQ              | 169.00       | 676.00         |
| Herbicida                       |          |                 |              |                |
| Alaclor (Lazo)                  | 2        | Litros          | 72.07        | 144.14         |
| Atrazina (Gezaprin)             | 2        | Libras          | 36.82        | 73.64          |
| Insecticida                     |          |                 |              |                |
| Clorpirifos                     | 2        | Litros          | 144.09       | 288.18         |
| Agua                            | 0.4      | m3              | 5.00         | 2.00           |
| Adherente                       | 0.25     | Litros          | 37.97        | 9.49           |
| <b>Maquinaria</b>               |          |                 |              |                |
| Arada                           | 2        | Horas           | 156.00       | 312.00         |
| Rastreada                       | 1.15     | Horas           | 132.00       | 151.80         |
| Siembra                         | 0.6      | Horas           | 132.00       | 79.20          |
| Fertilización                   | 1        | Horas           | 132.00       | 132.00         |
| Herbicidas                      | 0.35     | Horas           | 132.00       | 46.20          |
| <b>Total insumos</b>            |          |                 |              | <b>3066.65</b> |
| <b>Mano de obra</b>             |          |                 |              |                |
| Siembra                         | 0.6      | horas/hombre    | 4.33         | 2.60           |
| Fertilización                   |          |                 |              | 0.00           |
| Básica                          | 0        | horas/hombre    | 4.33         | 0.00           |
| Nitrógenada                     | 1        | horas/hombre    | 4.33         | 4.33           |
| Aplicar insecticida (2X)        | 15.6     | horas/hombre    | 4.33         | 67.55          |
| Aplicar herbicida               | 0.35     | horas/hombre    | 4.33         | 1.52           |
| Cosecha                         | 96       | horas/hombre    | 4.33         | 415.68         |
| <b>Total mano de obra</b>       |          |                 |              | <b>491.67</b>  |
| <b>Costos totales variables</b> |          |                 |              | <b>3558.32</b> |
| <b>Costos fijos</b>             |          |                 |              |                |
| Bomba de mochila                | 15.6     | horas           | 0.75         | 11.70          |
| Equipo de protección            | 15.6     | horas           | 0.45         | 7.02           |
| Sacos 100 Lbs                   | 100      | sacos           | 0.25         | 25.00          |
| <b>Total de costo fijos</b>     |          |                 |              | <b>43.72</b>   |
| <b>Costos totales</b>           |          |                 |              | <b>3602.04</b> |

Fuente: Roger Díaz (Maquinaria Agrícola)

Rogelio Trabanino (Producción Agrícola DPV)

Rommel Reconco (Producción Agronómica)

clorpirifos utilizando 200 litros de agua se estima que es entre 6.6 - 8.9 horas, aplicando aproximadamente 13 bombas por hectárea. El tiempo para aplicar una hectárea de VPN es un poco mayor, al utilizar 50 litros de agua más. Se estima que el tiempo para aplicar una hectárea de maíz con VPN es de 8.3 - 11.1 horas.

El costo de producción de una hectárea de maíz utilizando VPN a 250 LE/ha es de Lps. 3,881.37, un 7.8% más costosa que el costo de producción utilizando clorpirifos (Cuadro 41). Sin embargo, para la aplicación de VPN reciclado los costos se reducen en un 6.9%, ahorrando el costo de comprar una segunda dosis comercial de VPN (Cuadro 42). A parte de la comparación económica entre el VPN y el clorpirifos, las aplicaciones de VPN tienen otras ventajas como conservar los enemigos naturales, menor riesgo a intoxicaciones y no causa daño a aves y peces.

### **5.2.1 Presupuesto parcial**

Se realizó un presupuesto parcial para comparar las aplicaciones de VPN reciclado con una o dos aplicaciones convencionales de VPN y de clorpirifos (Cuadro 43). Para el presupuesto parcial se utilizaron los rendimientos promedios obtenidos en el Experimento II (Cuadro 39).

El tratamiento de clorpirifos presentó el menor costo total que varía, siendo 73.6% menor que los costos diferenciales en una aplicación de 250 LE/ha no reciclado y 2.7% menor que una aplicación de 250 LE/ha reciclado. El tratamiento de 250 LE/ha reciclado es un 69.1% menor que la dosis de 250 LE/ha no reciclado. El tratamiento de 500 LE/ha reciclado es un 56.5% menor que el costo de aplicar 500 LE/ha no reciclado. El costo de aplicar 1000 LE/ha reciclado es igual al aplicar dos veces la dosis de 500 LE/ha no reciclado, debido a que la dosis de 1000 LE/ha se separa en dos aplicaciones.

El beneficio neto varió en cada tratamiento. El tratamiento de 250 LE/ha tuvo el mayor rendimiento medio, por lo que el beneficio neto fue mayor (Cuadro 43). El tratamiento de 250 LE/ha no reciclado fue 31.0% mayor en beneficio neto que el tratamiento de 250 LE/ha reciclado. El tratamiento de 500 LE/ha no reciclado fue un 44.2% mayor en beneficio neto que el tratamiento de 500 LE/ha reciclado. El tratamiento de 250 LE/ha fue un 10% mayor que el tratamiento de clorpirifos.

### **5.2.2 Análisis de dominancia**

El tratamiento de clorpirifos presentó el menor costo diferencial y el mayor beneficio neto que los tratamientos de VPN (Cuadro 44). Sin embargo, el tratamiento de 250 LE/ha obtuvo un 10% más beneficio neto que el clorpirifos. Las demás dosis de VPN recicladas fueron dominadas por lo que ninguna de estas alternativas trajo más beneficio neto por menos costo.

Cuadro 41. Costo de producción (Lps.) de una hectárea de maíz, utilizando VPN como insecticida.

| Costos variables                 | Cantidad | Unidades      | Costo/Unidad | Costo total    |
|----------------------------------|----------|---------------|--------------|----------------|
| <b>Insumos</b>                   |          |               |              |                |
| Semilla (Cargill)                | 1        | bolsa 50 Lbs. | 700.00       | 700.00         |
| Fertilizante                     |          |               |              |                |
| Urea                             | 4        | QQ            | 113.00       | 452.00         |
| 18-46-0                          | 4        | QQ            | 169.00       | 676.00         |
| Herbicida                        |          |               |              |                |
| Alaclor (Lazo)                   | 2        | Litros        | 72.07        | 144.14         |
| Atrazina (Gezaprin)              | 2        | Libras        | 36.82        | 73.64          |
| Insecticida                      |          |               |              |                |
| VPN                              | 2        | 250 LE/ha     | 274.00       | 548.00         |
| Agua                             | 0.5      | m3            | 5.00         | 2.50           |
| Adherente                        | 0.313    | Litros        | 37.97        | 11.88          |
| <b>Maquinaria</b>                |          |               |              |                |
| Arada                            | 2        | Horas         | 156.00       | 312.00         |
| Rastreada                        | 1.15     | Horas         | 132.00       | 151.80         |
| Siembra                          | 0.6      | Horas         | 132.00       | 79.20          |
| Fertilización                    | 1        | Horas         | 132.00       | 132.00         |
| Herbicidas                       | 0.35     | Horas         | 132.00       | 46.20          |
| <b>Total insumos:</b>            |          |               |              | <b>3329.36</b> |
| <b>Mano de obra</b>              |          |               |              |                |
| Siembra                          | 0.6      | horas/hombre  | 4.33         | 2.60           |
| Fertilización                    |          | horas/hombre  |              | 0.00           |
| Básica                           |          | horas/hombre  |              | 0.00           |
| Nitrogenada                      | 1        | horas/hombre  | 4.33         | 4.33           |
| Recolección de virus             | 1        | horas/hombre  | 4.33         | 4.33           |
| Aplicar VPN (2X)                 | 19.4     | horas/hombre  | 4.33         | 84.00          |
| Aplicar herbicida                | 0.35     | horas/hombre  | 4.33         | 1.52           |
| Cosecha                          | 96       | horas/hombre  | 4.33         | 415.68         |
| <b>Total mano de obra:</b>       |          |               |              | <b>512.46</b>  |
| <b>Costos totales variables:</b> |          |               |              | <b>3841.82</b> |
| <b>Costos fijos</b>              |          |               |              |                |
| Bomba de mochila                 | 19.4     | Horas         | 0.75         | 14.55          |
| Equipo de protección             | 0        | Horas         | 0.45         | 0.00           |
| Sacos 100 Lbs                    | 100      | Sacos         | 0.25         | 25.00          |
| <b>Total de costos fijos:</b>    |          |               |              | <b>39.55</b>   |
| <b>Costo total:</b>              |          |               |              | <b>3881.37</b> |

**Cuadro 42. Costo de producción (Lps.) de una hectárea de maíz, utilizando VPN reciclado como insecticida.**

| Costos variables                | Cantidad | Unidades      | Costo/Unidad | Costo total    |
|---------------------------------|----------|---------------|--------------|----------------|
| <b>Insumos</b>                  |          |               |              |                |
| Semilla (Cargill)               | 1        | bolsa 50 Lbs. | 700          | 700.00         |
| Fertilizante                    |          |               |              |                |
| Urea                            | 4        | QQ            | 113          | 452.00         |
| 18-46-0                         | 4        | QQ            | 169          | 676.00         |
| Herbicida                       |          |               |              |                |
| Alaclor (Lazo)                  | 2        | Litros        | 72.07        | 144.14         |
| Atrazina (Gezaprin)             | 2        | Libras        | 36.82        | 73.64          |
| Insecticida                     |          |               |              |                |
| VPN                             | 1        | 250 LE/ha     | 274          | 274.00         |
| Agua                            | 0.5      | m3            | 5            | 2.50           |
| Adherente                       | 0.313    | Litros        | 37.97        | 11.88          |
| Utensilios para reciclaje       |          |               |              |                |
| Vasitos                         | 1        | Resipiente    | 5            | 5.00           |
| <b>Maquinaria</b>               |          |               |              |                |
| Arada                           | 2        | Horas         | 156          | 312.00         |
| Rastreada                       | 1.15     | Horas         | 132          | 151.80         |
| Siembra                         | 0.6      | Horas         | 132          | 79.20          |
| Fertilización                   | 1        | Horas         | 132          | 132.00         |
| Herbicidas                      | 0.35     | Horas         | 132          | 46.20          |
| <b>Total insumos</b>            |          |               |              | <b>3060.36</b> |
| <b>Mano de obra</b>             |          |               |              |                |
| Siembra                         | 0.6      | horas/hombre  | 4.33         | 2.60           |
| Fertilización                   |          | horas/hombre  |              | 0.00           |
| Básica                          |          | horas/hombre  |              | 0.00           |
| Nitrogenada                     | 1        | horas/hombre  | 4.33         | 4.33           |
| Recolección de virus            | 1        | horas/hombre  | 4.33         | 4.33           |
| Aplicar VPN (2X)                | 19.4     | horas/hombre  | 4.33         | 84.00          |
| Aplicar herbicida               | 0.35     | horas/hombre  | 4.33         | 1.52           |
| Cosecha                         | 96       | horas/hombre  | 4.33         | 415.68         |
| <b>Total mano de obra</b>       |          |               |              | <b>512.46</b>  |
| <b>Costos totales variables</b> |          |               |              | <b>3572.82</b> |
| <b>Costos fijos</b>             |          |               |              |                |
| Bomba de mochila                | 19.4     | Horas         | 0.75         | 14.55          |
| Equipo de protección            | 0        | Horas         | 0.45         | 0.00           |
| Sacos 100 Lbs                   | 100      | Sacos         | 0.25         | 25.00          |
| <b>Total de costos fijos</b>    |          |               |              | <b>39.55</b>   |
| <b>Costo total</b>              |          |               |              | <b>3612.37</b> |

**Cuadro 43. Presupuesto parcial (Lps.) de una hectárea de maíz  
Evaluación económica de alternativas de uso de VPN**

|  | VPN reciclado  |                |                | VPN            |                | Insecticida    | Precio |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
|  | 250 LE         | 500 LE         | 1000 LE        | 250 LE         | 500 LE         | Clorpirifos    | Lps/QQ |
| <i>Rendimiento medio (qq/ha)</i>                         | 37.50          | 33.20          | 40.23          | 50.00          | 49.32          | 44.14          | 175    |
| <b>Beneficio Bruto (Lps/ha)</b>                          | <b>6562.50</b> | <b>5810.00</b> | <b>7040.25</b> | <b>8750.00</b> | <b>8631.00</b> | <b>7724.50</b> |        |
| <i>Costos diferenciales</i>                              |                |                |                |                |                |                |        |
| Clorpirifos  |                |                |                |                |                | 288.18         |        |
| Dosis de VPN   |                |                |                |                |                |                |        |
| 250 LE/ha  | 274.00         |                |                | 548.00         |                |                |        |
| 500 LE/ha  |                | 548.00         |                |                | 1096.00        |                |        |
| 1000 LE/ha   |                |                | 1096.00        |                |                |                |        |
| Costo de la mano de obra                                 |                |                |                |                |                |                |        |
| Aplicación de insecticida                                |                |                |                |                |                | 67.55          |        |
| Aplicación de VPN  | 84.00          | 84.00          | 84.00          | 84.00          | 84.00          |                |        |
| Recolección de VPN                                       | 4.33           | 4.33           | 4.33           | 4.33           | 4.33           |                |        |
| Utensilios de reciclaje                                  | 5.00           | 5.00           | 5.00           | 5.00           | 5.00           |                |        |
| Bomba de mochila   | 14.55          | 14.55          | 14.55          | 14.55          | 14.55          | 11.70          |        |
| Equipo de protección                                     |                |                |                |                |                | 7.02           |        |
| Agua   |                |                |                |                |                |                |        |
| 200 L/ha   |                |                |                |                |                | 2.00           |        |
| 250 L/ha   | 2.50           | 2.50           | 2.50           | 2.50           | 2.50           |                |        |
| Adherente  | 11.88          | 11.88          | 11.88          | 11.88          | 11.88          | 9.49           |        |
| <b>Costos totales que varían</b>                         | <b>396.26</b>  | <b>670.26</b>  | <b>1218.26</b> | <b>670.26</b>  | <b>1218.26</b> | <b>385.94</b>  |        |
| <b>Beneficio neto (Lps/ha)</b>                           | <b>6166.24</b> | <b>5139.74</b> | <b>5821.99</b> | <b>8079.74</b> | <b>7412.74</b> | <b>7338.56</b> |        |
| (Beneficio Bruto menos los<br>Costos totales que varían) |                |                |                |                |                |                |        |

Cuadro 44. Análisis de dominancia de la producción

| Tratamiento         | Beneficios<br>bruto<br>(Lps.) | Total de costos<br>diferenciales<br>(Lps./ha) | Beneficios<br>netos<br>(Lps./ha) |          |
|---------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|----------|
| Clorpirifos         | 7724.50                       | 385.94  | 7338.56                          |          |
| 250 LE/ha reciclado | 6562.50                       | 396.26  | 6166.24                          | Dominado |
| 250 LE/ha           | 8750.00                       | 670.26  | 8079.74                          |          |
| 500 LE/ha reciclado | 5810.00                       | 670.26  | 5139.74                          | Dominado |
| 1000LE/ha reciclado | 7040.25                       | 1218.26                                       | 5821.99                          | Dominado |
| 500 LE/ha           | 8631.00                       | 1218.26                                       | 7412.74                          | Dominado |

### 5.2.3 Análisis marginal

En el análisis marginal, al cambiar de una aplicación de clorpirifos por una aplicación de 250 LE/ha no reciclada podemos obtener un 2.6% más ganancia en beneficio, la tasa de retorno marginal es baja, pero por cada Lps. que invierto obtengo Lps. 2.6 más (Cuadro 45).

Cuadro 45. Análisis marginal para la producción de maíz de los tratamientos no dominados

| Tratamiento | Costos<br>Diferenciales<br>(Lps./ha) | Costos<br>marginales<br>(Lps./ha) | Beneficio<br>neto<br>(Lps./ha) | Beneficios<br>netos<br>marginales<br>(Lps./ha) | Tasa de<br>retorno<br>marginal |
|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|
| Clorpirifos | 385.94                               |                                   | 7338.56                        |  |                                |
| 250 LE/ha   | 670.26                               | 284.32                            | 8079.74                        | 741.18   | 2.6                            |

Costo marginal = Costo diferencial de VPN - Costo diferencial del clorpirifos

Beneficio neto marginal = Beneficio neto VPN - Beneficio neto clorpirifos

Tasa de retorno marginal =  $\frac{\text{Beneficio neto marginal}}{\text{Costo marginal}}$

### 5.3 CONCLUSIONES

1. Los costos de producción de una hectárea de maíz utilizando clorpirifos son menores que los costos de producción utilizando VPN.
2. Los costos aumentan en proporción a la cantidad de dosis de VPN utilizada en la aplicación.
3. Los mejores tratamientos que obtienen mayores ingresos son el uso de VPN en una dosis de 250 LE/ha y el clorpirifos.
4. En las aplicaciones de VPN no reciclado se obtiene más beneficio neto que las aplicaciones de VPN reciclada.
5. Al cambiar de alternativa de clorpirifos a una dosis de 250 LE/ha se obtiene una ganancia de Lps. 260 por cada Lps. 1000 que se invierten.

### 5.4 RECOMENDACIONES

1. Comparar los rendimientos en diversas condiciones y ambientes, ya que este resultado es muy particular a la zona.
2. Hacer uso de VPN si el precio baja, ya que puede llegar a obtener mayores beneficios; hay que recordar la importancia que presenta el uso de VPN a la conservación del ambiente.
3. Usar dos aplicaciones de 250 LE/ha para obtener el mayor beneficio.
4. Hacer estudios sobre la cantidad óptima de agua que se puede utilizar para obtener resultados similares o mejores.
5. Evaluar el uso del VPN bajo las condiciones de los agricultores.

## 6. PARCELAS DEMOSTRATIVAS

### 6.1 GENERALIDADES

La transferencia de tecnología por parte de los investigadores tiene que jugar un papel importante en un programa de investigación. El uso de VPN como un bioinsecticida ha sido muy estudiado (Yufra, 1991). Sin embargo, muy pocos agricultores conocen su uso como bioinsecticida para el control del gusano cogollero.

Ocho agricultores fueron los que participaron en la realización de las parcelas demostrativas. Los agricultores fueron del municipio de Yuscarán, a 42 Km. de Zamorano.

### 6.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentó la metodología de uso de VPN como una opción para el control de larvas de *S. frugiperda*. Antes de realizar las aplicaciones de VPN *S. frugiperda* en el cultivo de maíz, se realizó un muestreo para determinar los niveles poblacionales del gusano cogollero (Cuadro 46), para luego comparar los resultados cuatro días después de la aplicación.

Cuadro 46. Porcentaje de infestación de *S. frugiperda* antes de la aplicación de los tratamientos en las parcelas demostrativas.

| Tratamiento | Porcentaje de infestación en 20 plantas |
|-------------|---|
| 500 VPN     | 60                                      |
| Clorpirifos | 35                                      |
| Testigo     | 60                                      |

Los niveles de infestación fueron muy arriba del nivel crítico. Al momento de la aplicación, el cultivo se encontraba en la etapa de una a ocho hojas. El nivel crítico para esta etapa del cultivo es del 15%.

A los cuatro días después de haber realizado la aplicación, se midieron los porcentajes de infestación (Cuadro 47). Los porcentajes de infestación disminuyeron en todos los tratamientos. Tanto el tratamiento de clorpirifos y VPN bajaron el mismo porcentaje de infestación. El tratamiento de clorpirifos pudo disminuir su porcentaje de infestación al 5%. La aplicación de VPN *S. frugiperda* disminuyó en un 50% de la infestación inicial.

Se puede considerar que la aplicación de VPN tiene un igual control que el tratamiento de clorpirifos, por que reportaron una disminución del 30% de la infestación inicial. No se puede favorecer a un tratamiento debido a que la parcela donde se aplicó VPN presentó un mayor porcentaje de infestación. También, el testigo presentó una disminución del 25% de la infestación inicial, encontrándose una mayor cantidad de enemigos naturales como la avispa *Polistes* sp., *Coleomegilla* sp., *D. taeniatum*, hongos y hormigas. Esto posiblemente influyó en los porcentajes de infestación para los tratamientos tratados con clorpirifos y VPN. Los agricultores observaron la importancia de conservar los enemigos naturales.

Cuadro 47. Porcentaje de infestación de *S. frugiperda* cuatro días después de la aplicación de los tratamientos en las parcelas demostrativas.

| Tratamiento | Porcentaje de infestación de <i>S. frugiperda</i> en 20 plantas |
|-------------|---|
| 500 VPN     | 30  |
| Clorpirifos | 5   |
| Testigo     | 45  |

Los agricultores concluyeron que el VPN puede ser una opción de control. La principal limitante que presentan los agricultores es la disponibilidad de VPN, ya que en su zona de producción no hay un proveedor, siendo Zamorano el único lugar donde dispondrán de VPN para aplicar. Otra limitante de la implementación de VPN por parte de los agricultores es la falta de disponibilidad de un congelador para guardar el VPN o no tienen el equipo adecuado para transportar el VPN al campo. Una ventaja de VPN es que no se necesita de protección alguna para realizar las aplicaciones de VPN, por que no es tóxico para el humano.

### 5.3 CONCLUSIONES

1. En todos los tratamientos se observó una disminución en el porcentaje de plantas infestadas por lo que hubieron otros factores de mortalidad que pudieron influir en el resultado obtenido.
2. Los agricultores desean utilizar algún producto natural y barato, por que el insecticida es muy caro.

### 5.4 RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios sobre las condiciones ambientales adecuadas para realizar la aplicación de VPN y mejorar la efectividad del virus.
2. Si se incluye el VPN en un programa de manejo integrado en el cultivo de maíz, hay que considerar la disponibilidad de materiales y equipo para el transporte, conservación y manejo adecuado del VPN, para no disminuir su efectividad.

3. Realizar un estudio combinado en el uso de VPN y una labranza conservacionista, como una alternativa para mantener los enemigos naturales y mejorar la efectividad del VPN.
4. Mayor divulgación del uso de VPN para realizar una investigación participativa entre el investigador y el productor; y utilizar las técnicas adaptadas a las condiciones del agricultor.
5. Capacitar a los agricultores en el reconocimiento y manejo de los enemigos naturales.
6. Evaluar el uso de VPN bajo el sistema de producción de los agricultores.

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

1. La metodología de reciclaje de VPN *S. frugiperda* desarrollada no permite recuperar una buena cantidad de virus del campo para ser utilizada en una segunda aplicación, debido a la poca cantidad de larvas y el poco desarrollo de la enfermedad al momento de recolectar las larvas.
2. En el cultivo de maíz existen enemigos naturales que son factores de mortalidad importantes para el control de larvas de *S. frugiperda*.
3. Las aplicaciones de VPN tienen un efecto negativo en la emergencia de parasitoides, tales como *Chelonus* sp., *Archytas* sp y *Pristomerus* sp., de larvas de *S. frugiperda* infectadas con virus.
4. La aplicación de 250LE/ha puede ser una opción a utilizar si la cantidad de agua a utilizar es de 250 litros por hectárea.
5. Los mayores costos de las aplicaciones de VPN son por el uso de mano de obra para la aplicación, cantidad de agua y precio del VPN.
6. La aceptación del uso de VPN por parte de los agricultores está muy relacionada con su efectividad para controlar la plaga.

## 8. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Para recuperar una mayor cantidad de VPN en el campo, se puede realizar monitoreos más frecuentes para recolectar larvas con un proceso de infección por virus avanzado.
2. Aplicar 250 LE/ha en 250 litros cuando las poblaciones de la plaga alcancen los niveles críticos.
3. Realizar aplicaciones de VPN cuando las poblaciones de *S. frugiperda* se encuentren en los estadios susceptibles I-III.
4. Realizar estudios de aplicación de VPN bajo las condiciones de los agricultores.
5. Mayor divulgación para un mayor uso por parte de los productores de maíz.

- CASTILLO, P., ACOSTA, N. y CILIEZAR, A. 1995. Control microbiológico de plagas artrópodas. In: R. D. Cave (ed.). Manual para la enseñanza del control biológico en América Latina. Zamorano Academic Press, El Zamorano, Honduras, p. 55.
- CAVE, R.D. 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América Central. Zamorano Academic Press, El Zamorano, Honduras, pp. 202.
- CIMMYT. 1988. La Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.
- DWYER, G. 1992. On the spatial spread of insect pathogens: Theory and Experiment. *Ecology* 73(2): 479 - 494.
- FAO. 1973. The use of viruses for the control of insect pest and disease vectors. Report of a joint FAO/WHO meeting on insect viruses. FAO: GENEVA. pp. 73.
- FUXA, J. 1987. Ecological considerations for the use of entomopathogens en IPM. *Annual Review of Entomology* 32:225 - 251.
- FUXA, J.R. y RICHTER, A.R. 1998. Repeated reversion of resistance to nucleopolyhedrovirus by *Anticarsia gemmatalis*. *Journal of Invertebrate Pathology* 71(2): 156 - 164.
- FUXA, J. A.; FUXA, J.R. y RICHTER, A.R. 1998. Host-insect survival time and disintegration in relation to population density and dispersion of recombinant and wild-type nucleopolyhedroviruses. *Biological Control* 12(2): 143 - 150.
- GOPINADHAN, P.B.; MOHANDAS, N. y VASUDEVAN, K. 1990. Cytoplasmic polyhedrosis virus infecting redpaim weevil of coconut. *Curr. Science* 59(11): 577 - 580.
- HAMM, J.J. y SHAPIRO, M. 1992. Infectivity of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) nuclear polyhedrosis virus enhanced by a fluorescent brightener. *Journal of Economic Entomology* 85(6): 2149 - 2152.
- HAMMOCK, B.F.; MCCUTCHEN, J.; BEETHAN, P.V.; CHOUDARY, E.; FOWLER, R.; ICHINOSE, V.K.; WARD, J.M.; VICKERS, B.C.; y BONNING, B.C. 1993. Development of recombinant viral insecticides by expression of an insect-specific toxin and insect-specific enzyme in nuclear polyhedrosis viruses. *Archive Insect Biochemistry and Physiology* 22(3-4): 315 - 344.
- HEINZ, K.M.; MCCUTCHEN, B.F.; HERRMANN, R.; PARRELLA, M.P. y HAMMOCK, B.D. 1995. Direct effects of recombinant nuclear polyhedrosis viruses on selected nontarget organisms. *Journal of Economic Entomology* 88(2): 259 - 264.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- AGRA, A.A.; SIKOROWSKI, P.P. y MCLAUGHLIN, M.R.. 1998. Replication of nonoccluded baculovirus associated with the parasitoid *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Control* 12 (2): 103 - 110.
- ALI, M.I.; FELTON, G.W.; MEADE, T. y YOUNG, Y. 1998. Influence of interspecific and intraspecific host plant variation on the susceptibility of heliothines to a baculovirus. *Biological Control* 12 (1): 42 - 49.
- ANDREWS, K. L. 1988. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* 71 (4): 642 - 643.
- ANDREWS, K. L. y QUEZADA, J.R. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: Estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. pp. 558 -560.
- BEGON, M.; DUAD, K.; YOUNG, P. y HOWELLS, R.E. 1993. The invasion and replication of a granulosis virus in the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*: An electron microscope study. *Journal of Invertebrate Pathology* 61(3): 281 -295.
- BLISSARD, G. W. y ROHRMANN, G. F. 1990. Baculovirus diversity and molecular biology. *Annual Review of Entomology* 35: 127 - 155.
- BLOOMQUIST, J. 1996. Ion channels as targets for insecticides. *Annual Review of Entomology* 41:163 -190.
- BONNING, B. C. y HAMMOCK, B. D. 1996. Development of recombinant baculoviruses for insect control. *Annual Review of Entomology* 41:191 - 210.
- CARRERO, J.M. 1996. Lucha integrada contra plagas agrícolas y forestales. Mundi-Prensa, Madrid, España. pp. 74 - 75.
- CARRILLO-SANCHEZ, J.L. 1993. Sintesis del control biológico de *Heliothis* spp.y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Mexico. *Folia Entomologica Mexicana* 87: 85 - 93.

- HOOVER, K.; SCHULTZ, C.M.; LANE, S.S.; BONNING, B.C.; HAMMOCK, B.D. y DUFFEY, S.S. 1997. Effects of diet-age and Streptomycin on virulence of *Autographa californica* M Nucleopolyhedrovirus the tobacco budworm. *Journal of Invertebrate Pathology* 69(1): 46 - 50.
- HRUSKA, A. y GLADSTONE, S. 1987. El costo del control del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda*, en el maíz. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Managua, Nicaragua.
- HUANG, LI-H. y KAO, SUEY-S. 1994. Production of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus in larvae. *Chinese Journal of Entomology/Zhonghua Kunchong* 14(3): 343 - 352.
- JACKSON, D.M.; BROWN, G.C.; NORDIN, G.L. y JOHNSON, A. 1992. Autodissemination of baculovirus for management of tobacco budworms (Lepidoptera: Noctuidae) on tobacco. *Journal of Economic Entomology* 85(3): 710 - 719.
- JACQUES, R.P. y MORRIS, O.N. 1981. Compatibility of pathogens with other methods of pest control and crop protection. In *Microbial Control of Pest and Plant Diseases*, H.D. Burges (ed.). Academic Press. pp. 70.
- JONES, K.A.; MOAWAD, G.; MCKINLEY, D.J. y GRZYWACZ, D. 1993. The effect of natural sunlight on *Spodoptera littoralis* nuclear polyhedrosis virus. *Bio-Control Science of Technology*. 3(2): 189 - 107.
- KAO, SUEY-S. y HUANG, LI-H. 1992. Effectiveness of UV protectants for *Spodoptera exigua* (Hubn.) nuclear polyhedrosis virus. *Chinese Journal of Entomology/Zhonghua Kunchong* 12(1): 31 - 40.
- KHUSH, G. y BRAR, D. 1991. Genetics of resistance to insects in crop plants. In: M. C. Brandy (ed.). *Advances in Agronomy*. Academic Press, Inc. California, USA.
- KING, A.B. Y SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 182 p.
- KIRKPATRICK, B.A.; WASHBUM, J.O.; ENGELHARD, E.K. y VOLKMAN, L.E. 1994. Primary infection of insect trachea by *Autographa californica* M nuclear polyhedrosis virus. *Virology* 203(1): 321 - 340.
- KIRSCHBAUM, J. 1985. Potential implication of genetic engineering and other biotechnologies to insect control. *Annual Review of Entomology* 30: 51 - 70.
- KOGAN, M. y TURNIPSEED, S.G. 1987. Ecology and management of soybean arthropods. *Annual Review of Entomology* 32: 507 - 538.

- KOLODNY-HIRSCH, D.M.; WARKENTIN, D.L.; ALVARADO-RODRIGUEZ, B. y KIRKLAND, R. 1993. *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus as a candidate viral insecticide for the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 12:230 - 240.
- KREUTZWEISER, D.P.; EBLING, P.M. y HOLMES, S.B. 1997. Infectivity and effects of gypsy moth and spruce budworm nuclear polyhedrosis viruses ingested by rainbow trout. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 38(1): 63 - 70.
- LASTRES, M.L. 1990. The role of two *Doru taeniatum* Dorn and *Solenopsis geminata* F. as control agents of *Spodoptera frugiperda* in Honduras. Tesis de grado Master de ciencias, Texas A&M University, USA.
- LOPEZ, C.C.; BOUCLAS, D.G. y SOARES, G.G. 1995. *Bacillus thuringiensis* endotoxina effects on *Spodoptera exigua* and *S. frugiperda* larvae infected with baculoviruses. *Environmental Entomology* 24(2): 239 - 242.
- MCCUTCHEN, B.F.; HERRMANN, R.; HEINZ, K.M.; PARRELLA, M.P. y HAMMOCK, B.D. 1996. Effects of recombinant baculoviruses on a nontarget endoparasitoid of *Heliothis virescens*. *Biological Control* 6(1): 45 - 50.
- MILKS, M.L.; BURNSTYN, I. y MYERS, J.H. 1998. Influence of larval age on the lethal and sublethal effects of the nucleopolyhedrovirus of *Trichoplusia ni* in the cabbage looper. *Biological Control* 12(2): 119 - 126.
- MURRAY, K.D. y ELKINTON, J.S. 1990. Transmission of nuclear polyhedrosis virus to gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) eggs via contaminated substrates. *Environmental of Entomology* 19(3): 662 - 665.
- O'REILLY, D.R. 1992. Improvement of a baculovirus pesticide by deletion of the egt gene. *British Crop Protection Council, Farnham (UK)*. pp. 387 - 392.
- PADMAVATHAMMA, K. y VEERESH, G.K. 1991. Effect of larval age and dosage of nuclear polyhedrosis virus on the susceptibility of diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Entomology Exp. Appl.* 60(1): 39 - 42.
- POLANIA, I. y FONSECA, F. 1993. Resistencia del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) a algunos insecticidas y su Manejo. Seminario internacional sobre los cultivos de sorgo y maíz; sus principales plagas y enfermedades. Instituto Colombiano Agropecuario, Santa Fé de Bogota, Colombia. pp. 25-30.
- RIBIERO, H.C.T. y PAVAN, O.H.O. 1994. Baculovirus thermal stability. *Journal Therm. Biology* 19(1): 21 - 24.

- RICHARDS, A.; MATTHEWS, M. y CHRISTIAN, P. 1998. Ecological considerations for the environmental impact evaluation of recombinant baculovirus insecticides. *Annual Review of Entomology* 43: 493 - 517.
- ROTHMAN, L.D. y MYERS, J.H. 1996. Debilitating effects of viral diseases on host Lepidoptera. *Journal of Invertebrate Pathology* 67(1): 1 - 10.
- ROMÁN, D.X. 1998. Bioensayos de campo y análisis económico de la producción del virus de la poliedrosis nuclear *Spodoptera frugiperda*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. pp. 93.
- SANTIAGO-ALVAREZ, C. y ORTIZ, R. 1992. The influence of host plant on the susceptibility of *Spodoptera littoralis* (Bolsd.) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to *Spodoptera littoralis* NPV (Baculoviridae, Baculovirus). *Journal of Applied Entomology* 114(2): 124 - 130.
- SAS INSTITUTE. 1989. SAS/STAT user's guide. Version 6, 4<sup>th</sup> ed. Vol. 1. SAS Institute, Cary, NC.
- SHAPIRO, M. y BELL, R. 1982. Enhanced effectiveness of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantridae) nuclear polyhedrosis virus formulated with boric acid. *Annals of the Entomological Society of America* 75: 346-349.
- SIKKONEN, K.T. y NEUVONEN, S. 1993. Effects of larval age and prolonged simulated acid rain on the susceptibility of European pine sawfly to virus infection. *Oecologia* 95(1): 134 - 139.
- SU, C.-Y. 1990. Histopathological studies of *Spodoptera litura* infected by nuclear polyhedrosis virus. *Chinese Journal of Entomology/Zhonghua Kunchong* 10(1):61 - 67.
- TUAN, SHU-Y.; KAO, SUEY-S. y CHENG, DOR-J. 1994. Histopathology and pathogenicity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus isolated in Taiwan. *Chinese Journal of Entomology/ Zhanghua kunchong*. 41(1): 33 - 45.
- VASCONCELOS, S.D.; CORY, J.S.; WILSON, K.R.; SAIT, S.M. y HAILS, R.S. 1996. Modified behavior in baculovirus-infected lepidopteran larvae and its impact on the spatial distribution of inoculum. *Biological Control* 7(3): 299 - 306.
- WALLNER, W.E. 1987. Factors affecting insect population dynamics: Differences between outbreak and non-outbreak species. *Annual Review of Entomology* 32:317 - 340.
- WU, SUH-C.; DALE, B.E. y LIAO, J.C. 1993. Kinetic characterization of baculovirus induced cell death in insect cell cultures. *Biotechnology and Bioengineering* 41(1):104 - 110.

- WISEMAN, B.R.; SNOOK, M.E.; ISENHOUR, D.J.; MIHM, J.A. y WIDSTROM, N.W. 1992. Relationship between growth of corn earworm and fall armyworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae) and maysin concentration in corn silks. *Journal of Economic Entomology* 85(6):2473 -2477.
- YOUNG, S.Y. y YEARIAN, W.C. 1990. Contamination of arthropod predators with *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus after Elcar applications to soybean for control of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Entomology Science*. 25(3): 486 - 492.
- YUFRA, E.P. 1991. *Ecología química, nuevos métodos de lucha contra insectos*. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 174. -175.

## 10. ANEXOS

Anexo 1. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para número de larvas vivas de *S. frugiperda* en 20 plantas, larvas susceptibles y porcentaje de larvas muertas por virus del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Número de larvas vivas en 20 plantas |       |         |          | Porcentaje de larvas muertas por virus <sup>a</sup> |       |         |          |
|------------------------|--------------------------------------|-------|---------|----------|---|-------|---------|----------|
|                        | GL                                   | SC    | Valor F | P > F    | GL  | SC    | Valor F | P > F    |
| Bloque                 | 3                                    | 4.107 | 3.00    | 0.0576*  | 3   | 0.833 | 2.12    | 0.1509   |
| Tratamiento            | 6                                    | 2.561 | 0.94    | 0.4930   | 4   | 0.019 | 0.04    | 0.9970   |
| Error (A)              | 18                                   | 8.20  |         |          | 12  | 1.572 |         |          |
| Monitoreo              | 3                                    | 6.489 | 6.96    | 0.0005** | 3   | 5.206 | 21.03   | 0.0001** |
| Monitoreo * bloque     | 9                                    | 3.421 | 1.22    | 0.3007   | 9   | 0.536 | 0.71    | 0.6921   |
| Monitoreo* tratamiento | 18                                   | 21.13 | 3.78    | 0.0001** | 12  | 1.137 | 1.15    | 0.3551   |
| Error (Monitoreo)      | 54                                   | 0.311 |         |          | 36  | 2.971 |         |          |

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para realizar el análisis.

Anexo 2. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de larvas de *S. frugiperda* muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (Estadios I-III), porcentaje de emergencia de parasitoides y número de depredadores del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Porcentaje de larvas de los estadios susceptibles que murieron por virus <sup>a</sup> |       |         |         | Porcentaje de emergencia de parasitoides |       |         |         | Número de depredadores |         |         |          |
|------------------------|---|-------|---------|---------|--|-------|---------|---------|------------------------|---------|---------|----------|
|                        | GL  | SC    | Valor F | P > F   | GL                                       | SC    | Valor F | P > F   | GL                     | SC      | Valor F | P>F      |
| Bloque                 | 3   | 0.834 | 2.12    | 0.4997  | 3  | 0.191 | 0.82    | 0.4997  | 3                      | 0.573   | 0.54    | 0.6612   |
| Tratamiento            | 4   | 0.019 | 0.04    | 0.0375* | 6  | 1.346 | 1.89    | 0.0375* | 6                      | 132.666 | 1.87    | 0.1530   |
| Error (A)              | 12  | 1.572 |         |         | 18                                       | 1.397 |         |         | 15                     | 177.664 |         |          |
| Monitoreo              | 3   | 5.206 | 21.03   | 0.0223* | 3  | 0.876 | 3.47    | 0.0223* | 3                      | 263.934 | 8.39    | 0.0002** |
| Monitoreo * bloque     | 9   | 0.531 | 0.71    | 0.6249  | 9  | 0.600 | 0.79    | 0.6249  | 6                      | 33.778  | 0.36    | 0.9070   |
| Monitoreo* tratamiento | 12  | 1.137 | 1.15    | 0.3286  | 18                                       | 1.753 | 1.16    | 0.3286  | 18                     | 330.230 | 1.75    | 0.0654*  |
| Error (Monitoreo)      | 36  | 2.971 |         |         | 54                                       | 4.547 |         |         | 45                     | 472.118 |         |          |

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para realizar el análisis.

Anexo 3. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de mortalidad total y porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* para los factores reconocidos del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Porcentaje de mortalidad total |       |         |         | Porcentaje de mortalidad total de los factores reconocidos |       |         |          |
|------------------------|--------------------------------|-------|---------|---------|--|-------|---------|----------|
|                        | GL                             | SC    | Valor F | P > F   | GL   | SC    | Valor F | P > F    |
| Bloque                 | 3                              | 1.393 | 1.28    | 0.3108  | 3  | 1.484 | 2.81    | 0.0687*  |
| Tratamiento            | 6                              | 3.048 | 1.40    | 0.2672  | 6  | 0.777 | 0.74    | 0.6273   |
| Error (A)              | 18                             | 6.521 |         |         | 18   | 3.165 |         |          |
| Monitoreo              | 3                              | 1.175 | 2.55    | 0.0654* | 3  | 5.836 | 12.44   | 0.0001** |
| Monitoreo * bloque     | 9                              | 2.613 | 1.89    | 0.0735* | 9  | 1.089 | 0.77    | 0.6409   |
| Monitoreo* tratamiento | 12                             | 4.967 | 1.79    | 0.0506* | 18   | 4.279 | 1.52    | 0.1191   |
| Error (Monitoreo)      | 36                             | 8.304 |         |         | 54   | 8.444 |         |          |

Anexo 4. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de empuje y porcentaje de adultos de *S. frugiperda* del Experimento I. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Porcentaje de empuje |        |         |          | Porcentaje adultos |       |         |         |
|------------------------|----------------------|--------|---------|----------|--------------------|-------|---------|---------|
|                        | GL                   | SC     | Valor F | P > F    | GL                 | SC    | Valor F | P > F   |
| Bloque                 | 3                    | 1.137  | 2.04    | 0.1445   | 3                  | 0.982 | 1.14    | 0.3601  |
| Tratamiento            | 6                    | 1.667  | 1.76    | 0.1637   | 6                  | 1.474 | 0.85    | 0.5457  |
| Error (A)              | 18                   | 3.346  |         |          | 18                 | 5.176 |         |         |
| Monitoreo              | 3                    | 2.716  | 4.71    | 0.0054** | 3                  | 1.222 | 2.49    | 0.0698* |
| Monitoreo * bloque     | 9                    | 3.291  | 1.90    | 0.0712*  | 9                  | 2.388 | 1.62    | 0.1316  |
| Monitoreo* tratamiento | 18                   | 5.757  | 1.66    | 0.0766*  | 18                 | 0.254 | 1.55    | 0.1073  |
| Error (Monitoreo)      | 54                   | 10.380 |         |          | 54                 | 0.163 |         |         |

Anexo 5. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para número de larvas vivas de *S. frugiperda* en 20 plantas, larvas susceptibles y porcentaje de larvas muertas por virus del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Número de larvas vivas en 20 plantas |         |         |          | Larvas susceptibles (Estadíos I-III) |       |         |          | Porcentaje de larvas muertas por virus <sup>a</sup> |       |         |          |
|------------------------|--------------------------------------|---------|---------|----------|--------------------------------------|-------|---------|----------|---|-------|---------|----------|
|                        | GL                                   | SC      | Valor F | P > F    | GL                                   | SC    | Valor F | P > F    | GL  | SC    | Valor F | P > F    |
| Bloque                 | 3                                    | 1.566   | 0.66    | 0.5896   | 3                                    | 0.131 | 0.24    | 0.8642   | 3   | 0.151 | 1.38    | 0.2972   |
| Tratamiento            | 6                                    | 63.267  | 17.94   | 0.0001** | 6                                    | 0.322 | 0.30    | 0.9286   | 4   | 0.247 | 1.69    | 0.2163   |
| Error (A)              | 18                                   | 10.577  |         |          | 18                                   | 3.216 |         |          | 12  | 0.439 |         |          |
| Monitoreo              | 3                                    | 396.475 | 174.69  | 0.0001** | 3                                    | 9.310 | 13.52   | 0.0001** | 3   | 2.770 | 13.11   | 0.0001** |
| Monitoreo * bloque     | 9                                    | 28.250  | 4.75    | 0.0004** | 9                                    | 0.648 | 0.31    | 0.9671   | 9   | 0.666 | 1.05    | 0.4210   |
| Monitoreo* tratamiento | 18                                   | 89.477  | 6.57    | 0.0001** | 18                                   | 4.313 | 1.04    | 0.4304   | 12  | 0.747 | 0.88    | 0.5710   |
| Error (Monitoreo)      | 54                                   | 40.853  |         |          | 54                                   |       |         |          | 36  | 2.536 |         |          |

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó el virus para hacer el análisis.

Anexo 6. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de larvas de *S. frugiperda* muertas por VPN que corresponden a los estadios susceptibles al VPN (Estadios I-III), y porcentaje de emergencia de parasitoides del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Porcentaje de larvas de los estadios susceptibles que murieron por virus <sup>a</sup> |       |         |        | Porcentaje de emergencia de parasitoides <sup>b</sup> |       |         |          |
|------------------------|---|-------|---------|--------|---|-------|---------|----------|
|                        | GL  | SC    | Valor F | P > F  | GL  | SC    | Valor F | P > F    |
| Bloque                 | 3   | 0.495 | 1.17    | 0.3681 | 3   | 0.031 | 0.10    | 0.6612   |
| Tratamiento            | 4   | 0.899 | 1.60    | 0.2486 | 5   | 0.845 | 1.69    | 0.1530   |
| Error (A)              | 12  | 1.405 |         |        | 15  | 1.495 |         |          |
| Monitoreo              | 3   | 2.238 | 7.63    | 0.0006 | 3   | 2.098 | 9.84    | 0.0001** |
| Monitoreo * bloque     | 9   | 1.125 | 1.28    | 0.2887 | 9   | 0.440 | 0.69    | 0.7156   |
| Monitoreo* tratamiento | 12  | 1.625 | 1.38    | 0.2272 | 15  | 1.554 | 1.46    | 0.1631   |
| Error (Monitoreo)      | 36  | 2.934 |         |        | 54  | 3.199 |         |          |

<sup>a</sup> Solo se incluyeron los tratamientos donde se aplicó VPN para efecto de análisis.

<sup>b</sup> No se incluye el tratamiento de clorpirifos en el análisis por que EE muy alto.

Anexo 7. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de mortalidad total y porcentaje de mortalidad de *S. frugiperda* para los factores reconocidos de mortalidad del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Porcentaje de mortalidad total |        |         |          | Porcentaje de mortalidad total de los factores reconocidos |       |         |          |
|------------------------|--------------------------------|--------|---------|----------|--|-------|---------|----------|
|                        | GL                             | SC     | Valor F | P > F    | GL   | SC    | Valor F | P > F    |
| Bloque                 | 3                              | 0.490  | 1.54    | 0.2393   | 3  | 0.058 | 0.13    | 0.9384   |
| Tratamiento            | 6                              | 0.658  | 1.03    | 0.4375   | 6  | 0.321 | 0.37    | 0.8866   |
| Error (A)              | 18                             | 1.915  |         |          | 18   | 2.586 |         |          |
| Monitoreo              | 3                              | 7.861  | 13.72   | 0.0001** | 3  | 7.488 | 14.37   | 0.0001** |
| Monitoreo * bloque     | 9                              | 0.763  | 0.44    | 0.9546   | 9  | 1.165 | 0.75    | 0.6658   |
| Monitoreo* tratamiento | 12                             | 1.681  | 0.49    | 0.9520   | 18   | 0.928 | 0.30    | 0.9969   |
| Error (Monitoreo)      | 36                             | 10.310 |         |          | 54   | 9.377 |         |          |

Anexo 8. ANDEVAS de medidas repetidas en el tiempo para porcentaje de empupe y porcentaje de adultos de *S. frugiperda* del Experimento II. Los porcentajes fueron transformados con arcoseno de la raíz cuadrada.

| Fuente de variación    | Porcentaje de empupación |       |         |          | Porcentaje adultos |       |         |          |
|------------------------|--------------------------|-------|---------|----------|--------------------|-------|---------|----------|
|                        | GL                       | SC    | Valor F | P > F    | GL                 | SC    | Valor F | P > F    |
| Bloque                 | 3                        | 1.137 | 2.04    | 0.1445   | 3                  | 0.389 | 0.84    | 0.4891   |
| Tratamiento            | 6                        | 1.667 | 1.76    | 0.1637   | 6                  | 0.433 | 0.47    | 0.8231   |
| Error (A)              | 18                       | 3.346 |         |          | 18                 | 2.777 |         |          |
| Monitoreo              | 3                        | 5.878 | 13.62   | 0.0001** | 3                  | 5.719 | 13.10   | 0.0001** |
| Monitoreo * bloque     | 9                        | 0.683 | 0.53    | 0.8233   | 9                  | 0.078 | 0.54    | 0.8171   |
| Monitoreo* tratamiento | 18                       | 1.378 | 0.53    | 0.9108   | 12                 | 0.101 | 0.69    | 0.7806   |
| Error (Monitoreo)      | 54                       | 7.771 |         |          | 36                 | 0.145 |         |          |