

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

# **TESIS DE GRADO**

Presentada al H. Consejo Directivo previo a la obtención del Título de:

**Ingeniero Agropecuario**

## **TEMA:**

“Evaluación de Cepas de Nucleopoliedrovirus (NPV) Patógenos para el control del cogollero *Spodoptera frugiperda* en maíz en la zona de Babahoyo.”

## **AUTOR:**

Ricardo Daniel Troya García

## **DIRECTOR:**

Ing. Agr. Eduardo Colina Navarrete

**BABAHOYO – LOS RIOS – ECUADOR**

**2011**

# 1- INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*, es una plaga cuyo control se torna cada vez más difícil. Las condiciones climáticas que cada vez son más calurosas hacen que esta plaga acelere su ciclo de vida y el control sea más costoso. La larva normalmente busca estar en la parte húmeda de la planta y penetra a través del cogollo para quedarse allí, para buscar de esta forma una mejor condición para seguir viviendo. Es por esto que su control se torna difícil. 1/

*S. frugiperda* es una de las principales plagas del maíz en el Ecuador, donde el hectareaje sembrado durante el año 2009, sobrepasó las 300.000 ha, siendo las zonas con mayor siembra Los Ríos y Manabí. Los problemas de cogollero se presentan cada vez con mayor intensidad y sobre todo en estas zonas, se han presentado casos de fuertes niveles de daño, en muchos casos con ataques muy severos.2/

El uso de insecticidas químicos para el control de esta especie puede ocasionar diversos daños al ecosistema, por lo que es de gran interés la búsqueda de agentes alternativos de control, entre los que se encuentran los nucleopolyhedrovirus (NPV) como los candidatos más prometedores para este fin. Se han realizado estudios de la patogenicidad de aislamientos de NPV obtenidos de larvas de *S. frugiperda*, lo que nos ha permitido conocer mejor el espectro de actividad de los NPV dentro del género *Spodoptera*. Los cuales han presentado resultados altamente significativos en cuanto a la mortalidad larvaria.3/

1/<http://www.campoagropecuario.com.py/noticias.php?not=2397>

2/ <http://www.agripac.com.ec>

3/ <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/>

Los NPVs han mostrado un gran potencial insecticida para el control de plagas agrícolas y forestales, preferentemente de maíz en países como México y Honduras. Este estudio, es de aplicación práctica para la elaboración de insecticidas biológicos.

Las ventajas del uso de bioinsecticidas frente a los insecticidas químicos son muchas. Su acción insecticida de alta especificidad, no contaminan el medio ambiente y no son tóxicos para el resto de los insectos beneficiosos, plantas, animales terrestres o acuáticos, ni para el hombre. Esto hace que los productos basados en dichos virus sean ecológicamente muy deseables y compatibles con la mayoría de los agentes de control por lo que constituyen una interesante alternativa dentro de cualquier programa de control de plagas.

La eficacia insecticida de diferentes aislados de nucleopoliedrovirus homólogos y heterólogos para las larvas, es decir un virus originario de la misma especie o de una diferente especie de hospedero, respectivamente, ha sido extensamente estudiada por distintos autores para poblaciones de diferentes orígenes geográficos tanto en condiciones de laboratorio y campo (Kolodny-Hirschet *al.* 1997). Sin duda es susceptible a la infección por varios nucleopoliedrovirus entre los que se encuentran (SpliMNPV) para *S. frugiperda*.

Es por esto la importancia de probar la eficiencia en campo del los NPV sobre poblaciones de *S. frugiperda*, para conocer el efecto de control sobre la misma.

## **1.2 Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de cepas de Nucleopoliedrovirus (NPV) patógenos para el control del cogollero *Spodoptera frugiperda*, en maíz en la zona de Babahoyo.

## **Objetivos Específicos**

1. Evaluar el efecto letal de las aplicaciones de NPV sobre larvas de *S. frugiperda*.
2. Determinar la concentración más adecuada de NPV para el control de larvas de *S. frugiperda*.
3. Analizar económicamente los tratamientos.

## 2- REVISIÓN DE LITERATURA

De acuerdo a Vaughan (35), la clasificación taxonómica del cogollero es:

Reino: Animalia

División: Exopterygota

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Noctuidae

Género: *Spodoptera*

Especie: *frugiperda*

Nombre Científico: *Spodoptera frugiperda*

Nombres comunes: cogollero, langosta, barrenador.

En el Ecuador se han reportado una serie de insectos plagas que causan daños en el cultivo de maíz. De todos ellos el más agresivo es el “gusano cogollero” (*Spodoptera frugiperda*).que es un típico desfoliador pero se comporta como cortador, trozador y cogollero. Las larvas pequeñas destruyen la epidermis de las hojas al alimentarse de su superficie, dejando “raspaduras”, también cortan las plántulas de maíz a nivel del suelo. Las larvas grandes devoran el follaje y penetran al cogollo, donde hacen hueco y desgarran los tejidos jóvenes del maíz, y son potencialmente capaces de dañar las inflorescencias (21).

En la mazorca, el cogollero se alimenta de los estigmas y después del grano, en algunos casos puede causar perforaciones en el tallo, además puede actuar como gusano ejército causando defoliaciones en plantas desarrolladas (23).

El gusano cogollero es agresivo en estado de larva, al alimentarse ocasionan los primeros daños en el haz o envés de las hojas de las plántulas de maíz sin perforarlas. Estos daños tienen la apariencia de manchas blancas dispersas en la superficie de las hojas, las larvas se alimentan de las hojas hasta la segunda muda y luego avanzan hacia el interior del cogollo de la planta donde devoran el tejido tierno de las hojas apicales. A las plantas recién nacidas pueden causarles la muerte y un crecimiento anormal a las de mayor edad (17).

*Spodoptera frugiperda* conocido como “cogollero del maíz”, es considerada como una de las plagas más importantes del cultivo de maíz. Pertenece a la familia Noctuidae, constituyéndose en un problema importante, no solo por la intensidad de los daños que realiza, sino también por la continuidad con que se presenta(22).

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) durante su vida pasa por diferentes etapas de metamorfosis las cuales son:

- Huevo o Postura
- Larva o Gusano
- Pupa
- Adulto o Mariposa (26).

El cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translucidas; una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje perfectamente en el cogollo, que al desplegarse las hojas muestran una hilera de perforaciones a través de la lámina. En esta etapa es común observar los excrementos de las larvas en forma de aserrín. El gusano normalmente busca estar en la parte húmeda de la planta y penetra a través del cogollo del maíz, para quedarse allí, para buscar de esta forma una mejor condición para seguir viviendo, es por eso que su control se torna difícil, debido al lugar donde se ubica(25).

Una de las plagas de mayor importancia económica en el país es el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*). Las larvas o gusanos pueden alimentarse de 28 especies vegetales cultivadas, entre las cuales se destacan el maíz, el sorgo, el algodón, la soya, el tomate de huerta, la caña de azúcar, el arroz, el maní, el melón, etc. Prefiere para su alimentación a las gramíneas, causa pérdidas elevadas cuando sus poblaciones logran altos niveles durante las épocas de verano. Por esta razón, para su manejo se debe monitorear su presencia en forma cuidadosa, teniendo en cuenta que el insecto se puede pasar de un cultivo a otro y que los pastos y las socas siempre albergan poblaciones peligrosas para el siguiente cultivo. En gramíneas tales como maíz, y sorgo, la presencia de la plaga se considera endémica, es decir siempre existen poblaciones que causan daño en mayor o menor proporción al cultivo (1).

El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) es considerado la plaga más importante del cultivo de maíz en el mundo. En varios países se han empleado exitosamente los nucleopoliedrovirus de la familia *Baculoviridae* para su control. Sin embargo, no se cuenta ningún bioplaguicida viral registrado para el control de la plaga. Estos virus nativos representan la base para el desarrollo de una nueva alternativa biológica para el control de la plaga, siendo necesario iniciar los estudios para su formulación. (27).

Los virus entomopatógenos han demostrado su eficacia como agentes de control biológico. Entre estos, los Virus de la Poliedrosis Nuclear (NPV) se han utilizado con éxito para el control de varias plagas de importancia económica. Un virus que pertenece al género de los Nucleopoliedrovirus (familia *Baculoviridae*) fue aislado de larvas de *Spodoptera* sp recolectadas en Perú. Los cuerpos de inclusión (CI) de este virus, denominado SpocNPV. El mismo que fue patogénico para las plagas *Spodoptera eridania* y *S. ochrea*(3).

*Bacillus thuringiensis* (o Bt) es una bacteria Gram positiva que habita en el suelo, y que se utiliza comúnmente como una alternativa biológica al pesticida. También se le puede extraer la toxina Cry y utilizarla como plaguicida. Desde 1920 se han utilizado las esporas y los cristales de proteína insecticidas producidos por la *B. thuringiensis* en el control de plagas. Actualmente se utilizan como insecticidas específicos bajo nombres comerciales como Dipel y Thuricide. Estos pesticidas son considerados respetuosos con el medio ambiente por su especificación, ya que su efecto sobre los humanos, sobre la vida silvestre, sobre los polinizadores y sobre muchos otros insectos beneficiosos es mínimo o casi nulo. A menudo, los insecticidas basados en la B.t que se aplican como spray líquido en plantas de cultivo deben ser ingeridos para tener efecto. Cuando los insectos ingieren los cristales proteicos, el pH alcalino de su tracto digestivo activa la toxina Cry, la cual se inserta en el epitelio del intestino del insecto, provocando poros en el epitelio. El poro causa una lisis celular (rotura de la membrana celular) y la posterior muerte del insecto. (2).

El CIAT señala que el mayor daño en el cultivo de maíz es cuando el gusano cogollero se localiza en el punto de crecimiento, produciendo plantas enanas que producen mazorcas (6).



Los NPVs han mostrado un gran potencial insecticida para el control de plagas agrícolas y forestales, preferentemente de maíz, en países como México y Honduras. Este estudio, es de aplicación práctica para la elaboración de insecticidas biológicos. Las ventajas del uso de bioinsecticidas frente a los insecticidas químicos son muchas. "Su acción insecticida de alta especificidad, no contaminan el medio ambiente y no son tóxicos para el resto de los insectos beneficiosos, plantas, animales terrestres o acuáticos, ni para el hombre". Esto hace que los productos basados en dichos virus sean ecológicamente muy deseables y compatibles con la mayoría de los agentes de control por lo que constituyen una interesante alternativa dentro de cualquier programa de control de plagas (11).

La infección viral en los insectos ocurre por vía oral, a través de la ingestión del alimento contaminado con cuerpos de inclusión virales (CI). La replicación del virus en los tejidos susceptibles del insecto causa desintegración de éstos y las larvas se tornan blandas y muy frágiles (Burgess 1981). Según Alves (1986) los insectos afectados por virus presentan falta de apetito, cambios en la coloración y alargamiento del tiempo del estado larval.

Además, hay una disminución de la actividad de las larvas y en los estados más avanzados de la infección se produce su muerte. Una de las familias de entomovirus más estudiada es la familia Baculoviridae a la cual pertenecen los géneros de la Granulovirus (GV) y de la Nucleopoliedrovirus (NPV). Estos se caracterizan por presentar CI que los protegen contra los factores ambientales y por afectar sólo a invertebrados, especialmente insectos, no representando riesgos para otros organismos (Burgess 1981; Tanada y Kaya 1993). Dichos virus han sido reportados en 600 especies hospedadoras, de las cuales la mayoría pertenecen al orden Lepidoptera y en menor proporción a los órdenes Diptera e Hymenoptera (Federici 1997). (12).

Las estrategias de Control Integrado de Plagas pasan por la utilización de insecticidas específicos e inoocuos para la fauna auxiliar. El hallazgo en Almería de una cepa autóctona del virus de la poliedrosis nuclear de *Spodoptera* (VPNSe-SP2) y la existencia de un preparado comercial de dicho nucleopoliedrovirus con una cepa de Florida (SPOD-X®) permitieron plantear diversos estudios para comprobar el potencial de estos bioinsecticidas para el control de la plaga en cultivos, así como las estrategias de utilización. Estos biopreparados aplicados sobre una población alta de *Spodoptera*, pulverizados sobre las plantas cuando el nivel de infestación alcanzó una media superior a 15 larvas por planta. Obteniéndose la máxima mortalidad con el VPNSe-SP2 a los 6 días de la aplicación. Se puede considerar una alta eficacia de los bioinsecticidas en el control de la plaga (16).

Se ha estudiado la patogenicidad de aislamientos de NPV obtenidos de larvas de *S. exigua* Hübner y de *S. littoralis* Boisduval, sobre larvas de *S. frugiperda*, lo que nos ha permitido conocer mejor el espectro de actividad de los NPV dentro del género *Spodoptera*. Presentando resultados altamente significativos en cuanto a la mortalidad larvaria (4).

Los baculovirus (NPV) son patógenos específicos que atacan a los insectos y otros artrópodos, por lo que uno de sus usos más frecuentes es como insecticida biológico, es decir, como agentes para controlar las plagas que afectan a las cosechas. el virus tiene una doble estrategia que le permite permanecer asociado al huésped sin causar ninguna enfermedad, pero, por otra parte, algún elemento todavía desconocido sirve de desencadenante para que el virus se reactive, empiece a crecer en el huésped y acabe matándolo(34).

La eficacia de nucleopoliedrovirus en aplicaciones con niveles altos de población puede considerarse bastante aceptable, aunque con acción lenta, comparada con tratamientos tradicionales. Es necesario definir una estrategia para la utilización del baculovirus (NPV), con la inoculación en infestaciones iniciales de la plaga para asegurar la dispersión y la mortalidad de larvas. Una correcta utilización de este agente de control natural de *Spodoptera* podría tener cabida en las estrategias de lucha contra plagas en Producción Integrada (20).

Los baculovirus muestran ser patogénicos a las larvas de *Spodoptera frugiperda* los cuerpos de inclusión presentan forma irregular con tendencia esférica, Con diámetro entre 1.6 y 2.4 um. Sus viriones son de forma de vara (29).

La palomilla del maíz (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) constituye la plaga más importante del cultivo del maíz. En diferentes países de la región Neotropical, las pérdidas que esta ocasiona son cuantiosas, pudiendo reducir los rendimientos en 0,8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% de la producción .La explotación masiva en grandes extensiones crea condiciones propicias para que la plaga se reproduzca y disemine con mayor facilidad.

Durante muchos años, para reducir los efectos nocivos de *S. frugiperda* , se ha dependido del uso de insecticidas químicos, los que son asperjados o espolvoreados; en muchas ocasiones las efectividades han sido bajas, debido a que estas se han realizado pasado el momento crítico de la plaga y la etapa fenológica más apropiada del cultivo o después que los daños son irreversibles; incluso se ha pretendido aminorarla cuando prácticamente el cultivo alcanza un tamaño que imposibilita la entrada de las máquinas al campo. Diferentes aspectos deberán ser mejorados para elevar los rendimientos, entre ellos el manejo integrado de *S. frugiperda* constituye uno de los más importantes y apremiantes. (36).

Una de las plagas insectiles de mayor importancia económica en el país es el gusano cogollero del maíz, *S. frugiperda* (J.E. Smith). De acuerdo con Posada (1989), las larvas o gusanos pueden alimentarse de 28 especies vegetales cultivadas, entre las cuales se destacan el maíz, el sorgo, el algodón, la soya, el tomate de huerta, la caña de azúcar, el ajonjolí, el arroz, el melón y el girasol. Prefiere para su alimentación a las gramíneas, cultivadas o no, pero causa pérdidas elevadas a otros cultivos, ante todo, cuando sus poblaciones logran altos niveles durante las épocas de verano y cuando actúan como gusano ejército. No existen estadísticas referentes a pérdidas reales causadas por el insecto, pero en maíz tecnificado se considera que un 5,6% de los costos de producción corresponden al control químico de la plaga (URPA, citado por García *et al.*, 1999). (19).

Los nucleopoliedrovirus (*Baculovirus*), están compuestos por una proteína que engloba a las partículas infecciosas, denominadas viriones. Cuando la larva come de la hoja contaminada, ingiere el virus que cuando llega al tubo digestivo del insecto, se disuelve la proteína que rodea a los viriones y estos quedan libres. Los viriones, entonces se unen a las células epiteliales y entran en el núcleo de las mismas, donde se multiplican produciendo nuevos viriones, que sirven para infectar las células de otros tejidos internos del insecto. Así las células infectadas se rompen y finalmente, todo el insecto queda convertido en un charco en cuestión de 3 o 4 días, liberando miles de millones de partículas virales que contaminan otras hojas para que comience un nuevo ciclo. De ahí el valor insecticida de este virus (31).

Los baculovirus contienen ADN de doble cadena, y una partícula viral con forma de bastón. Los viriones se ocluyen en (CI) que se conocen como poliedros. Dentro de esta familia se reconocen dos géneros: El género Nucleopolyhedrovirus los cuales son conocidos como nucleopoliedrovirus (NPV), y el segundo género es el de los Granulovirus (GV). Dichos virus se replican únicamente en el núcleo de las células infectadas (8).

Los baculovirus (NPV) (28), tienen varias características únicas que han generado interés en su uso como insecticidas biológicos. Dichas características incluyen:

- 1- Alta patogenicidad y virulencia.
- 2- Especificidad al huésped, con muy bajo riesgo para los insectos que no son objeto del tratamiento.
- 3- Ausencia de residuos tóxicos en frutos y verduras tratadas.
- 4- Fácil aplicación mediante equipos convencionales de pulverización.
- 5- Estabilidad en almacenamiento (varios años).

El modo de acción de la toxina de *Bacillus thuringiensis* comienza así:

- 1-La larva consume la comida con *Bacillus thuringiensis*
- 2- La toxina se une a los receptores específicos de la pared estomacal generando poros y la larva para de comer.
- 3- Las paredes se rompen al cabo de minutos permitiendo que las esporas y las bacterias penetren en el cuerpo.
- 4- En 1- 2 días la larva muere por septicemia y las bacterias proliferan en la sangre.(9).

Los virus de la poliedrosis nuclear (VPNs) son los baculovirus más ampliamente distribuidos, detectándose en más de 400 especies pertenecientes a siete órdenes diferentes de insectos. Actualmente este virus se presenta como organismo beneficioso en productos comerciales registrados, existiendo también varios grupos en diferentes zonas del mundo que también producen el virus con fines no comerciales. En general, en las infecciones producidas por VPNs en larvas de lepidópteros afectan varios tejidos. Los insectos exhiben, además, una menor movilidad, mayor flacidez, pérdida de apetito y retraso en el desarrollo (33).

La utilización de un bioinsecticida basado en una cepa nativa del SeMNPV proporciona un excelente control de las poblaciones de *S. exigua* en los cultivos de

maíz. Este bioinsecticida controla de un modo efectivo infestaciones que no pueden ser controladas por otros insecticidas comerciales. El uso comercial de este bioinsecticida elimina la necesidad de utilizar insecticidas químicos de amplio espectro en los cultivos, lo cual favorece en gran medida la posibilidad de incluir otros enemigos naturales como agentes de control, en programas de control integrado (5).

En la sintomatología de las infecciones causadas por los baculovirus, las larvas afectadas no presentan síntomas durante los primeros días después de la infección pero posteriormente, se observa un cambio en el comportamiento del insecto, ya que sus movimientos son más lentos, deja de comer y el crecimiento se detiene. También se observa un cambio de color del integumento y el reblandecimiento del mismo, el cual se torna blanquecino, se rompe y se libera un fluido blanco-grisáceo, que contiene los cuerpos de inclusión, en grandes concentraciones, finalmente la larva muerta queda colgando generalmente de las propatas en una posición de V invertida lo cual favorece la dispersión del virus en el medio ambiente. Existen dos metodologías básicas para producir a los baculovirus como bioinsecticida: en los individuos susceptibles (en larvas) o en cultivos (in vitro) de células de insectos (24).

En general las formulaciones para baculovirus, son polvos humectables, los cuales se pueden aplicar fácilmente en el campo, con el equipo tradicional que se utiliza para la liberación de los insecticidas químicos, y la aplicación por aspersion es de las más utilizadas. Los baculovirus se han utilizado como agentes de control biológico solo a escala experimental. Sin embargo, existen algunos grupos que han demostrado gran interés por su introducción. Tal es el caso del grupo del Dr. Trevor Williams del ECOSUR en Tapachula, quienes trabajan con Nucleopoliedrovirus (*baculovirus*) para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (7).

Se ha evaluado la eficacia del nucleopolyhedrovirus de *Spodoptera* (SeMNPV) como insecticida biológico destinado al control de dicha plaga. La conclusión es que su eficacia es mayor que la de varios insecticidas comerciales. Los baculovirus (NPV), son virus patógenos de insectos que reúnen propiedades insecticidas muy deseables por su buena efectividad, su elevada selectividad ecológica y por no generar residuos tóxicos. Además hay que destacar su buena compatibilidad sobre todo con otros métodos de control biológico de plagas (14).

El cogollero es la principal plaga del maíz en Centroamérica, tradicionalmente ha sido controlado con plaguicidas sintéticos, los cuales a más de tener un costo muy alto, ocasionan efectos negativos al ambiente y a la salud de los productores, en la actualidad. Por esta razón se están haciendo muchos esfuerzos buscando alternativas para reemplazar a los plaguicidas químicos. Entre las alternativas más conocidas para el control de cogollero se ha estudiado el uso del virus de la poliedrosis nuclear (NPV) que matan a las larvas. Este virus (NPV), es producido en ZAMORANO y no tiene efectos adversos al medio ambiente ni al hombre.

El virus tiene que ser ingerido por la larva ya que empieza a actuar en el sistema digestivo, y luego afecta todos los tejidos de la larva, que muere en aproximadamente unos siete días. Los Nucleopoliedrovirus (*Baculovirus*) están compuesto por una partícula de ADN, el cual se encuentra envuelto por una capa proteica llamada capsido, juntos forman la unidad infectiva llamado virion los cuales están rodeado por una matriz proteica y forman el conjunto conocido como cuerpos de inclusión poliédrico. Estos virus se multiplican en el núcleo de la célula, sus viriones tienen forma de Bastón, y cada cuerpo de inclusión tiene muchos viriones en su interior. La proteína que envuelve a los viriones (polyedrina), y que constituye el cuerpo de inclusión tiene forma poliédrica, y de ahí surge el nombre de virus de la poliedrosis. (10).

El gusano cogollero es la larva de la palomilla nocturna *Spodoptera frugiperda*, que ataca principalmente maíz, sorgo y arroz, aunque también, en menor grado, hortalizas y algodón, entre otros cultivos. Esta plaga, considerada la más importante del maíz, es de origen tropical y ataca con más rigor las siembras tardías en las costas y las regiones cálidas de riego. Menos infestados son los maizales de los altiplanos, donde el ataque del cogollero disminuye al entrar las lluvias o al alcanzar las plantas un metro de altura.

Las palomillas, de color café grisáceo con dibujos más oscuros, ovipositan masas de huevecillos cubiertas por pelos en las hojas. De ahí nacen unas pequeñas larvas grises de cabeza negra que se alimentan en grupo de una hoja y, a medida que crecen se devoran entre sí hasta que solo queda una, de color café claro con líneas longitudinales café oscuro o casi negro que, con el maíz ya más crecido, se refugia en el cogollo, en cuyo interior se alimenta haciendo grandes perjuicios, hasta que la planta alcanza un metro de altura, si bien en ocasiones ataca también las espigas y las partes tiernas del elote. Sin embargo, el daño más grave por esta plaga, lo resienten las plantas pequeñas que a veces son afectadas en su totalidad. Muchas de ellas mueren o retrasan su crecimiento. La producción de grano disminuye entre 10 y 100%, ya que en ocasiones se pierde todo el cultivo cuando las plantitas mueren. (18).

La efectividad y alto potencial de los baculovirus para el control de diferentes insectos plaga han sido demostrados en diversos trabajos (Valicente y Da Costa 1995; Batista *et al.* 2001; Barreto *et al.* 2005; Villamizar *et al.* 2005; Murillo y Caballero 2006). Sin embargo, a pesar de que estos virus son una herramienta eficiente para el control de insectos plaga, su evaluación en campo ha presentado resultados inconsistentes (Mascarenha *set al.* 1996), posiblemente por el efecto deletéreo de las condiciones ambientales sobre los CI (Ignoffo *et al.* 1977). La inactivación causada por la radiación solar bajo condiciones de campo es el principal factor ambiental que limita el uso masivo de estos agentes de biocontrol (Ignoffo *et al.* 1977). La luz solar afecta negativamente las partículas virales, particularmente la



radiación comprendida en el espectro ultravioleta y especialmente la radiación entre 280 nm y 310 nm (Asano 2005).

Actualmente el Laboratorio de Control Biológico del Centro de Biotecnología y Bioindustria de Corpoica cuenta con un aislamiento de nucleopoliedrovirus de *S. frugiperda* (SfMNPV) codificado como NPV001, el cual tiene alto potencial para ser desarrollado como un bioplaguicida. (15).

*Bacillus thuringiensis*, es un bacilo gram-positivo, aerobio, que se encuentra de forma natural en suelo y plantas. Fue descubierto en Japón en 1902 por Ishiwata y pocos años después fue aislado en Thuringe (Alemania). Se comenzó comercializado en Francia, en 1938 y hoy en día es el biopreparado más utilizado. Cuando el *Bacillus thuringiensis* esporula, sintetiza unos cristales proteicos llamados delta-endotoxinas, a los cuales debe su actividad insecticida. Estas protoxinas necesitan ser ingeridas por las larvas para poder actuar, pues la toxicidad selectiva de B.t. para las larvas de ciertos insectos se debe a dos factores en su modo de acción:

Las toxinas necesitan para su activación un medio alcalino, característica que se da sólo en el intestino de la mayoría de los insectos.

Puede aplicarse empleando un equipo convencional de pulverización, mojando bien toda la planta y en los primeros estadios de la larva. (30).

El entendimiento de la ecología de los baculovirus requiere de un conocimiento básico de su biología. Los baculovirus (tanto los nucleopoliedrovirus como los granulovirus) tienen dos formas de viriones. Los viriones derivados de los cuerpos de inclusión infectan a las células del intestino medio después de que una larva susceptible haya ingerido follaje contaminado. Estos viriones se unen con la membrana de la célula y liberan nucleocapsidas dentro de la célula. Algunas nucleocapsidas migran al núcleo para iniciar la replicación y otras pasan

directamente a la hemolinfa para infectar a otras células del insecto. Los primeros ciclos de replicación dan como resultado la producción de viriones que salen por la membrana de la célula. Estos viriones brotados se dispersan por todo el insecto.

Después, los viriones se envuelven solos o en grupos y se rodean de una matriz proteica de ~1-2  $\mu\text{m}$  formando los cuerpos de inclusión cuya finalidad es favorecer la transmisión de insecto a insecto. Poco antes de la muerte, los insectos infectados se vuelven pálidos y flácidos y frecuentemente suben a las partes apicales de las plantas donde mueren. El cuerpo del insecto se rompe liberando millones de cuerpos de inclusión, que contaminan el follaje inferior permitiendo la transmisión a otras larvas susceptibles. Una vez ingeridos, los cuerpos de inclusión se disuelven en el intestino alcalino de los insectos fitófagos, liberando así los viriones que producirán el siguiente ciclo de infección. (32).

## **3- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Ubicación del campo experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en los terrenos de la granja experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el kilómetro 7,5 de la vía Babahoyo Montalvo. Coordenadas geográficas longitud oeste 79° 32', latitud sur 01°49', altitud 8msnm.

### **3.2. Características climáticas.**

La zona presenta un clima tropical húmedo según clasificación de Holdribge, con temperatura anual de 26.3°C, precipitación de 2791.4 mm/año, humedad relativa de 76 % y 804.7 horas de heliofanía<sup>1/</sup>.

### **3.3. Factores de estudio**

Variable Dependiente: Dosis de aplicación de cepas de NPV

Variable Independiente: Poblaciones de *S. frugiperda*

### **3.4. Material de siembra**

Se utilizó el híbrido de maíz Agricom, distribuido por la empresa INTEROC S.A, la cual presenta las siguientes características:

Altura promedio de planta: 215 cm

Días promedio a la floración: 55 días

Ciclo vegetativo promedio: 121 días

1/Datos tomados en la Estación Meteorológica U.T.B–Faciag 2010.

Longitud de mazorca: 18.41 cm

Granos /hilera: 38

Peso de la mazorca: 256 g

Rendimiento: 200 qq/ha

### 3.5. Tratamientos

Los tratamientos se detallan a continuación:

	<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis del producto Comercial</b>	<b>Días de aplicación (d.d.s)</b>	<b>Concentración (X)</b>
1	NPV-SPOC	0.5 kg/ha	15-30	2.5X10 <sup>12</sup> CI/kg/ha
2	NPV-SPOC	0.75 kg/ha	15-30	3.75X10 <sup>12</sup> CI/kg/ha
3	NPV-SPOC	1.0 kg/ha	15-30	5.0x10 <sup>12</sup> CI/kg/ha
4	NPV-NOD	0.5 kg/ha	15-30	2.0x10 <sup>12</sup> CI/kg/ha
5	NPV-NOD	0.75kg/ha	15-30	3.0x10 <sup>12</sup> CI/kg/ha
6	NPV-NOD	1.0 kg/ha	15-30	4.0x10 <sup>12</sup> CI/kg/ha
7	<i>Bacillus thurigiensis</i>	1.0l/ha	15-30	8 l
8	Cipermetrina	0.3 l/ha	15-30	20 %
9	Testigo	Sin aplicación	Sin aplicación	Sin aplicación

NPV-SPOC = Nucleopoliedrovirus, específico para *Spodoptera frugiperda*, 5.0X10<sup>12</sup> CI/kg/ha.

NPV-NOD=Nucleopoliedrovirus para el control de noctuoides, 4.0x10<sup>12</sup>CI/kg/ha.

(X)=Dosis en concentración del número de esporas.

d.d.s. = Días de aplicación después de la siembra.

CI = Cuerpos de inclusión del virus.

8L= 8000000 unidades de BT (*Bacillus thurigiensis*).

### 3.6. Diseño Experimental

Para la realización de este trabajo se utilizó el diseño de Bloques completos al azar con 9 tratamientos y 3 repeticiones.

### 3.7. Características de las parcelas.

Longitud de parcela: 5 m

Ancho de parcela: 4 m

Área de parcela: 20 m<sup>2</sup>

Área total de bloque: 268 m<sup>2</sup>

Área total del ensayo: 938 m<sup>2</sup>

Distancia entre tratamiento: 1.5 m

Distancia entre repeticiones: 2.0 m

### 3.8. Análisis de la varianza (Andeva).

Fuente de Variación	Grados Libertad
Tratamientos	8
Repeticiones	2
Error Experimental	16
Total	26

### 3.9. Análisis funcional.

Para la evaluación y comparación de medias en los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidades.

### **3.10. Manejo del ensayo.**

#### **3.10.1 Preparación del terreno.**

Para la preparación del terreno se realizó un pase de arado profundo y dos pases de rastra en ambos sentidos con la finalidad de que el suelo quede completamente mullido y así obtener una buena germinación de la semilla.

#### **3.10.2 Siembra.**

La siembra se realizó de forma manual, utilizando espeque y depositando una semilla por golpe. El distanciamiento utilizado fue 0.8 m entre hileras y 0.20 m entre planta.

#### **3.10.3 Control de malezas.**

Para el control de malezas antes de la siembra se aplicó los herbicidas preemergentes: Pendimetalin en dosis de 3 l/ha, Glifosato en dosis de 2 l/ha, y Atrazina en dosis de 2 kg/ha. Posteriormente a la presencia de malezas se aplicó el herbicida Paraquat en dosis de 2.0 l/ha.

#### **3.10.4 Riego.**

El ensayo se lo realizó en la época lluviosa, por lo que no fue necesaria la aplicación de riegos adicionales.

#### **3.10.5 Fertilización.**

Las dosis de fertilizante químico a utilizar estuvieron basadas en los requerimientos nutricionales para lograr un rendimiento de 7 t/ha, las mismas fueron: 120 Kg de N, 40 Kg de P y 70 Kg de K, como complemento foliar se aplicó Zinquel 1 l/ha y debido

a la presencia de un curvamiento en la parte apical del cultivo, el mismo que fue mejorado con la aplicación de Evergreen, lo cual provocó un incremento en los niveles de altura de la planta.

### **3.10.6 Control Fitosanitario.**

No se realizó la aplicación de productos adicionales, debido a que los umbrales de daño fueron bajos.

### **3.10.7 Modo de aplicación de los tratamientos.**

Para la aplicación de los tratamientos, los productos NPV-SPOC, NPV-NOD se disolvieron en agua y se utilizó un estabilizador de Ph, para estabilizar en 6-6,5.

Los insecticidas se aplicaron con una bomba de mochila equipada con boquilla de cono sólido, previamente se realizó la calibración del equipo en el campo, para determinar la cantidad de agua requerida para cada tratamiento. La misma que se utilizó un volumen de 0.4 Lit. /parcela, y 1.0 g - 1.5 g - 2.0 g. de las cepas NPV respectivamente para cada tratamiento. Se realizaron dos aplicaciones, la primera a los 15 días después de la siembra y la segunda a los 30 días. Los productos se aplicaron sobre la planta.

### **3.10.8 Cosecha.**

La cosecha se realizó en cada parcela experimental de forma manual cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica.

### **3.11. Datos evaluados.**

#### **3.11.1 Número de larvas/planta.**

En 10 plantas al azar por tratamiento se contó el número de larvas vivas de *S. frugiperda*, 24 horas antes de la primera aplicación y 2, 4,7 y 13 días después de las aplicaciones.

#### **3.11.2 Porcentaje de plantas atacadas por *S. frugiperda*.**

Para evaluar el porcentaje de plantas atacadas por *S. frugiperda* se procedió a contar semanalmente a partir de los 15 días de edad del cultivo, hasta que la planta emitió la panoja, el número de plantas con ataque de *S. frugiperda* en 10 plantas de cada parcela, y de acuerdo al número de plantas que presentaron daño, se transformaron los resultados a porcentajes.

#### **3.11.3 Número de mazorcas por planta.**

Se contó las mazorcas existentes al momento de la cosecha, en 10 plantas al azar por tratamiento.

#### **3.11.4 Peso de la mazorca.**

Se pesó las mazorcas recolectadas de las parcelas en 10 plantas al azar del área útil. El peso total promedio por mazorca se expresó en gramos. Se pesó tanto grano y tuza para determinar los promedios.

#### **3.11.5 Peso de 100 granos**

De cada parcela experimental, se tomó 100 granos, posteriormente se los pesó en una balanza de precisión y su promedio se lo expresó en gramos.



### 3.11.6 Altura de Planta

Se midió la altura de 10 plantas por tratamiento, tomando la longitud desde el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la panoja, el mismo se expresó en metros.

### 3.11.7 Rendimiento

Se realizó recolectando la cosecha en cada parcela experimental del área útil de la misma. El peso se transformó en kg/ha, uniformizando la humedad del grano al 13% de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Pu = \frac{Pa (100-ha)}{(100-hd)}$$

Donde:

Pu = Peso uniformizado

Pa = Peso actual

ha = Humedad actual

hd = humedad deseada

### 3.11.8 Análisis económico

Se realizó basado en los costos de producción, ingresos y costos de los tratamientos. Adicionalmente se evaluó la relación beneficio/costo.

## 4- RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el estudio se presentan a continuación:

### 4.1. Altura de planta a la cosecha.

En el Cuadro 1 se observan los promedios de altura de plantas colectados a la cosecha. No se encontró significancia estadística entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de: 1.77 %.

En la evaluación se obtuvo la mayor altura en el tratamiento NPV-NOD 0.5 kg/ha con 2.71 m. La menor altura se registró en el tratamiento NPV-NOD 0.75 kg/ha (2.6 m).

**Cuadro 1.** Altura de planta a la cosecha en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. UTB-FACIAG-2011.

Tratamientos	Dosis	Altura de planta m.
NPV-SPOC	0.5 kg/ha	2,64
NPV-SPOC	0.75 kg/ha	2,61
NPV-SPOC	1.0 kg/ha	2,62
NPV-NOD	0.5 kg/ha	2,71
NPV-NOD	0.75 kg/ha	2,60
NPV-NOD	1.0 kg/ha	2,64
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1.0 L/ha	2,58
Cipermetrina	0.3 L/ha	2,65
Testigo	Sin aplicación	2,62
Promedios		<b>2.63</b>
Significancia estadística		ns
Coeficiente de variación %		1.77

ns: no significancia

#### 4.2. Número de mazorcas por planta

En el Cuadro 2 se presentan los promedios de evaluación en número de mazorca por planta. El análisis de varianza alcanzó significancia estadística al 5 % de probabilidad. El coeficiente de variación fue 5.92%.

Se evidenció el mayor número de mazorcas en los tratamientos Cipermetrina y *B. thurigiensis* (1,3 y 1.31 mazorcas por planta, respectivamente); los cuales fueron estadísticamente iguales a los tratamientos: NPV-SPOC 0.5 kg/ha, NPV-SPOC 0.75 kg/ha, NPV-SPOC 1 kg/ha, NPV-NOD 0.5 kg/ha, NPV-NOD 0.75 kg/ha, NPV-NOD 1 kg/ha (1.22, 1.19, 1.21, 1.13, 1.23 y 1.22 mazorcas/planta, respectivamente), pero superiores al testigo (1.09 mazorca/planta), que fue estadísticamente inferior.

**Cuadro 2.** Número de mazorcas por planta en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. UTB-FACIAG-2011.

Tratamientos	Dosis	Número de mazorcas
NPV-SPOC	0.5 kg/ha	1,22 ab
NPV-SPOC	0.75 kg/ha	1,19 ab
NPV-SPOC	1.0 kg/ha	1,21 ab
NPV-NOD	0.5 kg/ha	1,13 ab
NPV-NOD	0.75 kg/ha	1,23 ab
NPV-NOD	1.0 kg/ha	1,22 ab
<i>Bacillus thurigiensis</i>	1.0 L/ha	1,31 a
Cipermetrina	0.3 L/ha	1,30 a
Testigo	Sin aplicación	1,09 b
Promedios		<b>1.21</b>
Significancia estadística		*
Coeficiente de variación %		5.92

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukeyal5% de significancia.

### 4.3. Peso de mazorcas

En el Cuadro 3 se observan los promedios de la evaluación de peso de mazorca registrados durante el ensayo. El análisis de significancia no encontró significancia al 5 % de probabilidad. El coeficiente de variación fue 2.51 %.

En la evaluación se registró que el tratamiento Cipermetrina tuvo el mayor promedio (286.7 g), siendo el testigo con 271.8 g, el que presentó el menor valor.

**Cuadro 3.** Peso de mazorca en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. UTB-FACIAG-2011.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis</b>	<b>Peso de mazorca ( g)</b>
NPV-SPOC	0.5 kg/ha	276,4
NPV-SPOC	0.75 kg/ha	273,9
NPV-SPOC	1.0 kg/ha	282,6
NPV-NOD	0.5 kg/ha	272,3
NPV-NOD	0.75 kg/ha	275,1
NPV-NOD	1.0 kg/ha	281,3
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1.0 L/ha	279,1
Cipermetrina	0.3 L/ha	286.7
Testigo	Sin aplicación	271,8
Promedios		<b>277.7</b>
Significancia estadística		ns
Coeficiente de variación %		2.51

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### **4.4. Peso de 100 granos.**

En el Cuadro 4 se presenta el promedio del peso de 100 granos. El análisis estadístico encontró significancia estadística. El coeficiente de variación fue 2.46%.

El mayor peso se registró en el tratamiento NPV-SPOC 1.0 kg/ha con 44.5 g, siendo estadísticamente igual a los demás con excepción del tratamiento NPV-SPOC 0.75 kg/ha, el cual fu estadísticamente inferior (41.1 g).

#### **4.5. Rendimiento por hectárea**

En el Cuadro 4 también se presentan los promedios de rendimiento por hectárea. El análisis de varianza alcanzó alta significancia al 5 % de probabilidades. El coeficiente de variación fue 4.07 %.

Se encontró que el mayor rendimiento lo tuvo el tratamiento Cipermetrina con 7714 kg/ha, siendo estadísticamente igual a los tratamiento *B. thurigiensis* y NPV-NOD 0.75 kg/ha (7195 y 7128 kg/ha, respectivamente). El menor valor se registró en el testigo (6128 kg/ha).

**Cuadro 4.** Peso de 100 granos y Rendimiento por hectárea en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. UTB-FACIAG-2011.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis</b>	<b>Peso de 100 granos (g)</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>
NPV-SPOC	0.5 kg/ha	42,7 ab	6795,0bcd
NPV-SPOC	0.75 kg/ha	41,1 b	6532,0bcd
NPV-SPOC	1.0 kg/ha	44,5 a	6613,0bcd
NPV-NOD	0.5 kg/ha	42,5 ab	6464,0bcd
NPV-NOD	0.75 kg/ha	43,0 ab	7128,0abc
NPV-NOD	1.0 kg/ha	41,9 ab	6331,0 cd
<i>Bacillus thurigiensis</i>	1.0 L/ha	42,9 ab	7195,0 ab
Cipermetrina	0.3 L/ha	43,1 ab	7714,0 a
Testigo	Sin aplicación	42,7 ab	6128,0 d
Promedios		<b>42.7</b>	<b>6766.7</b>
Significancia estadística		*	**
Coefficiente de variación %		2.46	4.07

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### **4.6. Número de larvas por planta en primera aplicación.**

En el Cuadro 5 se observan los promedios de larvas por planta. El análisis de varianza no encontró significancia a las 24 horas antes de la aplicación ni a los 4, 7 y 14 días después de la misma. A los 2 días después de la aplicación se reportó significancia al 5 % de probabilidades.

En la evaluación realizada a las 24 horas antes de la primera aplicación, el mayor número de larvas vivas lo encontró en los tratamientos NPV-NOD 0.5 kg/ha y testigo (2.7 larvas/planta). El menor valor se registró en el tratamiento cipermetrina (1.3 larva/planta). El coeficiente de variación fue 3.23 %.

Realizada la evaluación a los 2 días después de la primera aplicación se pudo encontrar que los tratamientos NPV-NOD 0.5 kg/ha , *B. thurigiensis*, testigo y NPV-SPOC 0.75 kg/ha, fueron estadísticamente iguales entre sí y a los tratamientos NPV-SPOC 0.5 kg/ha, NPV-SPOC 1.0 kg/ha, NPV-NOD 0.75 kg/ha y NPV-NOD 1 kg/ha (1.3, 1.7, 1.3 y 1.7, respectivamente) pero superiores al tratamiento cipermetrina que presento el menor valor (0,3 larvas/planta), siendo estadísticamente inferior. El coeficiente de variación fue 3.59%.

El testigo presentó el mayor número de larvas vivas (1.7 larvas/planta) en la evolución realizada 4 días después de la primera aplicación, el menor registro se encontró en el tratamiento NPV-SPOC 1.0 kg/ha (0.3 larvas/planta). El coeficiente de variación fue 1.46%.

En la evaluación realizada 7 días después de la primera aplicación, se encontró que el mayor número de larvas vivas lo tuvieron los tratamientos NPV-SPOC 0.5 kg/ha y testigo (1.7 larvas/planta). El menor valor se registró en los tratamientos NPV-SPOC 1.0 kg/ha y *B. thurigiensis* (0.7 larva/planta). El coeficiente de variación fue 5.87 %.

A los 14 días después de la primera aplicación se pudo apreciar que el tratamiento NPV-NOD 0.7 (1.3 larvas/planta) tuvo el mayor promedio, encontrándose el menor registro NPV-NOD 0.5 kg/ha y cipermetrina (0.3 larvas /planta). El coeficiente de variación fue 8.51 %.



**Cuadro 5.** Número de larvas por planta en la primera aplicación en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. UTB-FACIAG- 2011.

Tratamientos	Dosis	Número de larvas vivas /planta Aplicación 1				
		24 h.a.a	2 d.d.a	4 d.d.a	7 d.d.a	14 d.d.a
SPOC	0.5 kg/ha	1,7	1,3 ab	1,0	1,7	0,7
SPOC	0.75 kg/ha	2,0	2,0 a	1,0	1,3	1,3
SPOC	1.0 kg/ha	2,0	1,7 ab	0,3	0,7	0,7
NOD	0.5 kg/ha	2,7	2,0 a	1,0	1,0	0,3
NOD	0.75 kg/ha	2,0	1,3 ab	1,0	1,0	1,0
NOD	1.0 kg/ha	2,0	1,7 ab	1,3	1,3	0,7
<i>Spodoptera thurigiensis</i>	1.0 L/ha	2,0	2,0 a	0,7	0,7	1,0
metrina	0.3 L/ha	1,3	0,3 b	0,7	1,0	0,3
Control sin aplicación		2,7	2,0 a	1,7	1,7	0,7
Promedios		<b>2.1</b>	<b>1.6</b>	<b>1.0</b>	<b>1.1</b>	<b>0.7</b>
Significancia estadística		ns	*	ns	ns	ns
Coeficiente de variación %		3.23	3.59	6.31	5.87	8.51

h.a.a: horas antes de aplicación

d.d.a: días después de aplicación

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5% de significancia.

#### **4.7. Número de larvas por planta en segunda aplicación.**

En el Cuadro 6 se observan los promedios del número de larvas vivas encontradas antes y después de la segunda aplicación. El análisis de varianza no encontró significancia a las 24 horas antes de la aplicación y a los 2, 4, 7 y 14 días después de la misma. Los coeficientes de variación fueron: 2.88, 5.18, 1.41, 1.41 y 1.41, respectivamente.

En la evaluación realizada 24 horas antes de la segunda aplicación, se encontró que el mayor número de larvas vivas lo tuvo el tratamiento NPV-SPOC 0.75 kg/ha (1.3 larvas/planta). El menor valor se registró en los tratamientos cipermetrina y NPV-NOD 0.5 kg/ha (0.3 larva/planta).

Realizada la evaluación a los 2 días después de la segunda aplicación se pudo apreciar que el tratamiento NPV-SPOC 0.75 kg/ha tuvo el mayor promedio (0.58 larvas planta). El menor valor (0,1 larvas/planta) se presentó en los tratamientos cipermetrina y NPV-NOD 0.5 kg/ha.

El tratamiento NPV-NOD 0.75 kg/ha presentó el mayor número de larvas vivas (0.19 larvas/planta) en la evaluación realizada 4 días después de la segunda aplicación, el menor registro se encontró en los tratamientos NPV-NOD 0.5 kg/ha y Cipermetrina (0 larvas/planta).

En la evaluación realizada a los 7 y 14 días después de la segunda aplicación, el tratamiento NPV-NOD 0.75 kg/ha presentó el mayor número de larvas vivas (0.19 larvas/planta). El menor registro se encontró en los tratamientos NPV-NOD 0.5 kg/ha y Cipermetrina (0 larvas/planta).

**Cuadro 6.** Número de larvas por planta en la segunda aplicación en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz-UTB-FACIAG- 2011.

Tratamientos	Dosis	Número de larvas vivas /planta Aplicación 2				
		24 h.a.a	2 d.d.a	4 d.d.a	7 d.d.a	14 d.d.a
V-SPOC	0.5 kg/ha	0,70	0,33	0,10	0,10	0,10
V-SPOC	0.75 kg/ha	1,30	0,58	0,17	0,17	0,17
V-SPOC	1.0 kg/ha	0,70	0,32	0,12	0,12	0,12
V-NOD	0.5 kg/ha	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00
V-NOD	0.75 kg/ha	1,00	0,48	0,19	0,19	0,19
V-NOD	1.0 kg/ha	0,70	0,29	0,09	0,09	0,09
<i>Illus thurigiensis</i>	1.0 L/ha	1,00	0,43	0,13	0,13	0,13
Permetrina	0.3 L/ha	0,30	0,10	0,00	0,00	0,00
Control	sin aplicación	0,70	0,35	0,13	0,13	0,13
Promedios		<b>0.70</b>	<b>0.33</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>
Significancia estadística		ns	ns	ns	ns	ns
Coefficiente de variación %		8.51	8.65	9.48	9.48	9.48

h.a.a: horas antes de aplicación

d.d.a: días después de aplicación

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al

5% de significancia.

#### **4.8. Porcentaje de plantas atacadas por *S. frugiperda*.**

En el Cuadro 7 se observan los promedios de plantas atacadas semanalmente. El análisis de varianza encontró alta significancia en las evaluaciones realizadas en la semana 1 y 2. De igual manera se encontró significancia estadística en la semana 3. No se encontró significancia estadística en las semanas 4,5 y 6. Los coeficientes de variación fueron: 2.74, 4.77, 3.61, 3.4, 4.07 y 3.83 %; respectivamente.

En la evaluación realizada en la semana 1, se encontró que el mayor porcentaje de plantas atacadas se tuvo en el testigo (52.2 %), siendo estadísticamente igual a los demás tratamiento con excepción de NPV-SPOC 0.5 kg/ha (22.4 %) y *B.thurigiensis* (24.9 %), que fueron estadísticamente inferiores.

Realizada la evaluación a la semana 2 se pudo apreciar que el testigo (52.2 %), fue estadísticamente igual a los demás tratamientos. El menor valor (14.9 %) se presentó en NPV-SPOC 0.5 kg/ha, que fue inferior estadísticamente.

El testigo absoluto presentó el mayor porcentaje de plantas atacadas (57.2 %) en la semana 3, siendo estadísticamente igual a los otros tratamientos, menos con NPV-NOD 1.0 kg/ha (19.9 %), que fue estadísticamente inferior.

En la evaluación realizada en la semana 4, el testigo presentó el mayor porcentaje de plantas atacadas (62.1 %). El menor valor registró el tratamiento NPV-SPOC 0.75 kg/ha (27.3 %).

En la evaluación realizada a la semana 5, se encontró en el testigo el mayor porcentaje de plantas atacadas (62.1 %). El menor valor se encontró en los tratamientos NPV-NOD 0.5 kg/ha (27.3 %).

En evaluación realizada en la semana 6, se encontró en el testigo el mayor porcentaje de plantas atacadas (67.1 %). El menor registro se encontró en los tratamientos cipermetrina (27.3 %).

#### **4.9. Análisis económico.**

En el Cuadro 8 se observan los resultados de la evaluación económica, realizada a los tratamientos, analizando ingresos y egresos.

Se encontró que el tratamiento cipermetrina fue el que mayor utilidad reportó \$1207.38, mientras el menor ingreso lo tuvo el testigo con \$820.75.

**Cuadro 7.** Porcentaje de plantas atacadas en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz. UTB-FACIAG-2011.

Tratamientos	Porcentaje semanal de plantas atacadas						
	Dosis	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
PV-SPOC	0.5 kg/ha	22,4 b	14,9 b	29,8 ab	37,3	34,8	39,8
PV-SPOC	0.75 kg/ha	32,3 ab	24,9 ab	29,8 ab	27,3	29,8	34,8
PV-SPOC	1.0 kg/ha	29,8 ab	34,8 ab	24,9 ab	42,3	34,8	49,7
PV-NOD	0.5 kg/ha	37,3 ab	24,9 ab	29,8 ab	32,3	27,3	37,3
PV-NOD	0.75 kg/ha	32,3 ab	32,3 ab	34,8 ab	34,8	34,8	37,3
PV-NOD	1.0 kg/ha	32,3 ab	22,4 ab	19,9 b	32,3	29,8	34,8
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1.0 L/ha	24,9 b	22,4 ab	24,9 ab	29,8	24,9	34,8
Permetrina	0.3 L/ha	29,8 ab	17,4 ab	34,8 ab	39,8	32,3	27,3
Castigo	sin aplicación	52,2 a	52,2 a	57,2 a	62,1	62,1	67,1
Promedios		<b>32.6</b>	<b>27.3</b>	<b>31.8</b>	<b>37.6</b>	<b>34.7</b>	<b>40.3</b>
Significancia estadística		**	**	*	ns	ns	ns
Coefficiente de variación %		2.74	4.47	3.61	3.4	4.07	3.83

Promedios con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5 % de significancia.

**Cuadro 8.** Análisis Económico en: Evaluación de cepas de nucleopoliedrovirus sobre el control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz UTB-FACIAG- 2011.

	<b>Dosis</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>	<b>Costos Variables</b>	<b>Costos Fijos</b>	<b>Costos de cosecha</b>	<b>Costos Total</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Utilidad</b>
	0.5 kg/ha	6795,0	40,23	724,38	53,39	818,00	1766,70	948,70
	0.75 kg/ha	6532,0	56,35	724,38	51,32	832,05	1698,32	866,27
	1.0 kg/ha	6613,0	72,46	724,38	51,96	848,80	1719,38	870,58
	0.5 kg/ha	6464,0	34,57	724,38	50,79	809,74	1680,64	870,90
	0.75 kg/ha	7128,0	47,86	724,38	56,00	828,24	1853,28	1025,04
	1.0 kg/ha	6331,0	61,14	724,38	49,74	835,26	1646,06	810,80
sis	1.0 L/ha	7195,0	50,35	724,38	56,53	831,26	1870,70	1039,44
	0.3 L/ha	7714,0	13,27	724,38	60,61	798,26	2005,64	1207,38
	Sin aplicación	6128,0	0,00	724,38	48,15	772,53	1593,28	820,75

			NPV-SPOC	
\$/ kg	0,015		\$/kg	32,23
			NPV-NOD	
/kg	0,26		\$/kg	26,57
erte		0,005238	Bacillus \$/L	42,35
			Cipermetrina \$/L	8,79

## 5- DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se puede determinar que las aplicaciones de insecticidas a base nucleopoliedrovirus, controlan las poblaciones de larvas de *S. frugiperda*, en las dosis y épocas en las que realizo la aplicación.

Debido a la presencia de un curvamiento en la parte apical del cultivo, el mismo que fue mejorado con la aplicación de Evergreen, lo cual provocó un incremento en los niveles de altura de la planta.

Como consecuencia de las aplicaciones realizadas, se encontró que las mismas influyeron sobre la dinámica de las larvas especialmente a partir de las 7 días después de la aplicación; ya que la mortalidad de las larvas eran más acentuada llegando a promedios inferiores al umbral económico, ya que su control lo realizan por efecto de sistemía y no de contacto o de volteo. Esto concuerda con la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, quienes realizaron investigaciones con el virus, según lo cual el mismo tiene que ser ingerido por la larva ya que empieza a actuar en el sistema digestivo, y luego afecta todos los tejidos de la larva, que muere en aproximadamente unos siete días.

Realizados los análisis de estadística también se determinó que la aplicaciones de Cipermetrina influyeron sobre la presencia de insectos en las épocas de las aplicaciones. Esto se explica por la acción de contacto y volteo que posee dicho producto.



Es importante recalcar que el porcentaje de control y de plantas atacadas, es menor en la cepas de poliedrovirus sobre todo en la cepa NPV-NOD, la cual controla un mayor diversidad de lepidópteros, siendo más eficiente su control, como lo reporta Calero, quien sostiene que la utilización de un bioinsecticida basado en una cepa nativa del SeMNPV proporciona un excelente control de las poblaciones de *S. frugiperda* en los cultivos de maíz. Este bioinsecticida controla de un modo efectivo infestaciones que no pueden ser controladas por otros insecticidas comerciales.

El uso comercial de este bioinsecticida elimina la necesidad de utilizar insecticidas químicos de amplio espectro en los cultivos, lo cual favorece en gran medida la posibilidad de incluir otros enemigos naturales como agentes de control, en programas de control integrado.

Adicionalmente se puede mencionar que los virus para el control de lepidópteros especialmente cogollero inciden en la reducción al largo plazo de la plaga, manteniendo una especie de permanencia en la misma, lo cual es descrito por Santos, quien sostiene que los *Baculovirus* están compuestos por una proteína que engloba a las partículas infecciosas, denominadas viriones. Cuando la larva come de la hoja contaminada, ingiere el virus que cuando llega al tubo digestivo del insecto, se disuelve la proteína que rodea a los viriones y estos quedan libres.

El mayor rendimiento en peso de grano se encontró en el tratamiento cipermetrina (7714 kg/ha), lo cual se considera un rendimiento alto debido a los controles realizados y el potencial del híbrido utilizado.

## 6- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- 1- El producto NPV-NOD en dosis de 0.5 kg/ha, disminuye las poblaciones de *Spodoptera frugiperda*.
- 2- La utilización de Cipermetrina, dentro de un programa de manejo de plagas, garantiza un adecuado control del insecto en estudio.
- 3- El mejor beneficio económico se obtiene con la aplicación de Cipermetrina en la dosis estudiada (0.3 L/ha), el cual mantuvo en mejor sanidad el cultivo.

En base a estas conclusiones se recomienda:

1. Realizar las aplicaciones de Cipermetrina para el control de *S. frugiperda*.
2. Realizar investigaciones similares con otros bioinsecticidas y bajo otras condiciones de manejo de cultivos.

## 7. RESUMEN

En los terrenos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicados en el Km. 7,5 de la vía Babahoyo-Montalvo, Provincia de Los Ríos; se estableció este ensayo con maíz híbrido AGRICOM. El objeto de este trabajo fue evaluar el efecto letal de las aplicaciones de NPV sobre larvas de *S. frugiperda*. Determinar la concentración más adecuada de NPV para el control del insecto. Realizar el análisis económico de los tratamientos.

Se utilizó el diseño experimental Bloques completos al azar con tres repeticiones y nueve tratamientos. La parcela experimental tuvo un área de 20.0 m<sup>2</sup>; mientras que, el área útil de la parcela estuvo determinada por las 4 hileras centrales, dando un área de 18.6 m<sup>2</sup>.

Se evaluó el Número de larvas por planta, porcentaje de plantas atacadas por *S. frugiperda*, número de mazorcas por planta, peso de mazorca, peso de 100 granos, altura de planta, rendimiento, análisis económico. Para la composición de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Analizados los resultados experimentales, se determinó que las aplicaciones de nucleopoliedrovirus en las cepas evaluadas, incidieron sobre la disminución de larvas de cogollero, bajo las condiciones de campo en la época del ensayo.

Como consecuencia de las aplicaciones realizadas, se encontró que las poblaciones finales de larvas fueron inferiores con relación al testigo, encontrándose en la cepa de virus NPV-SPOC en dosis de 0.5 kg/ha presentó el menor número de plantas atacadas y disminución de larvas.

Realizados los análisis de estadística se determina que la estabilidad de control de las cepas de nucleopoliedrovirus realiza su mejor control a partir de los 5 días después de la aplicación. Se aprecia una alta incidencia de la plaga en el testigo.

El mayor rendimiento en peso de grano se encontró en el tratamiento de Cipermetrina, con 7714 kg/ha. Los rendimientos presentados fueron aceptables dadas las condiciones presentes en el periodo de siembra. Los rendimientos alcanzados para el testigo (6128 kg/ha) están por encima de la media nacional.

## SUMMARY

In lands of the Faculty of Farming Sciences of the Technical University of Babahoyo, located in km 7.5 of the Babahoyo-Montalvo route, Province of Los Ríos; a test in hybrid maize AGRICOM settled down, measuring the application of stocks of virus of the nuclear polyedrosis on the control of cogollero worm (*Spodoptera frugiperda*); in order to evaluate the incidence, efficiency and percentage of control of the studied stocks of virus on populations of the larva; evaluating the doses more adapted of the stocks and to realize the economic analysis of the yield based on the benefit-cost of the applications.

The experimental design was used at random complete Blocks with three repetitions and nine treatments. The experimental parcel had a 20.0 area m<sup>2</sup>; whereas, the useful area of the parcel was determined by the 4 central rows, giving a 18.6 area m<sup>2</sup>.

The variables were evaluated: Number of larvae by plant, Percentage of plants attacked by *S. frugiperda*, Number of maize-cobs by plant, Weight of maize-cob, Weight of 100 seeds, Height of plant, Yield, Economic Analysis. The evaluated variables were put under the variance analysis, and the test of Tukey was applied to 5% of probability to determine the statistical difference between the averages of the treatments.

Analyzed the experimental results, obtained in the present work of investigation it is possible to be determined that the applications of nucleopolyedrovirus in the evaluated stocks, affected the diminution of cogollero larvae, under the conditions of field at the time of the test.

As a result of the realized applications, one was that the final populations of larvae were inferiors in relation to the witness, being in the stock of virus NPV-SPOC in dose of 0.5 kg/ha the smaller number of plants attacked and diminution of larvae.

Realized the statistic analyzes one determines that the stability of control of the stocks of nucleopoliedrovirus carries out their better control as of the 5 days after the application. Esteem a high incidence of the plague in the witness.

The greater yield in weight of grain was in the treatment of Cipermetrina, with 7714 kg/ha. The presented/displayed yields acceptable were given the present conditions in the period of sowing. The yields reached after the witness (6128 kg/ha) are over the average national.

## 8- LITERATURA CITADA

1. Arévalo P, Mejía I, 2010. "Manejo del Gusano cogollero". Disponible en: [www.soccolhort.com/revista/pdf/vol1/art9](http://www.soccolhort.com/revista/pdf/vol1/art9)
2. Bayer, junio-2008. Disponible en: <http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/bcsmexico.nsf/id/GcogolleroPestsBCS>
3. Belda E, Mirasol A, Escribano J, Rapallo S, Caballero P. 2000. Eficacia de nucleopoliedrovirus (VPNSe) en el control de *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808). Bol. San. Veg. Plagas, 26. Pp.619-628.
4. Caballero P, Murillo R, Muñoz D y Williams T. 2009. El nucleopoliedrovirus de *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) como bioplaguicida, Revista Colombiana de Entomología 35 (2): 105-115.
5. Calero, E. 2007. El cultivo del Maíz en el Ecuador. Editorial Poligráfica. Guayaquil- Ecuador. Pag-59.
6. CIAT. 2006. Informe técnico anual. Cali-Colombia. P136-137.
7. Cisneros L. 2006. "Los baculovirus como agentes de control microbiano de insectos". Disponible en: [www.medigraphic.com/pdfs/lamocro](http://www.medigraphic.com/pdfs/lamocro).
8. Cortez M. 2006. "Los baculovirus como agentes de control microbiano de insectos". Disponible en: [www.medigraphic.com/pdfs/lamocro](http://www.medigraphic.com/pdfs/lamocro).
9. Dr. Eduardo Montes Bravo.- "Control Biológico de *Spodoptera frugiperda* en Maíz". Departamento de Manejo de Plagas, INISAV Calle 110 y 5ta B # 514, Playa Ciudad de la Habana, Cuba, 2007.

10. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. 2010. Virus Entomopatógenos. Disponible en: [www.zamorano.es/control de cogollero empleando Virus entomopatógenos](http://www.zamorano.es/control%20de%20cogollero%20empleando%20Virus%20entomopat%C3%B3genos).
11. Escribano J, Belda E, Caballero P, Murillo J, Rapallo S, Carmona M. 2000. Boletín de sanidad vegetal, plagas. Vol. 26, N° Extra 4. pp. 619-628.
12. Fitochapingo, Agosto 2009. Disponible en: <http://www.fitochapingo.com/2009/08/gusano-cogollero-spodoptera-frugiperda.html>.
13. Francisco Jesús, 2010-Disponible en: <http://www.agroterra.com>.
14. Guimaraes R, Beserra E, Alvarez S, Vargas E - 2004. Agroecología de Plagas tropicales. CATIE. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. (no.70) p. 74-77.
15. Gómez J, Guevara E, Barrera G -2002 “Aislamiento, Identificación y Caracterización de Nucleopoliedrovirus Nativos de Spodoptera frugiperda” Disponible en: <http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/identificacionnucleopoliedrovirus.pdf>
16. Guzmán J - 2010. Bioplaguicidas en el mercado mundial. Disponible en: [trevorwilliams.info/Virus\\_insecticidas.es](http://trevorwilliams.info/Virus_insecticidas.es).
17. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, 2002- “Plagas del Maíz en el Litoral Ecuatoriano” pp.10-11.
18. Jan Suszkiw - febrero 2007. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/is/espanol/pr/2007/070222.es.htm>



19. Juliana A. Gómez V. Elsa Judith. Villamizar L. Prado A.- Medellín -2010  
“Aislamiento, Identificación y Caracterización de Nucleopoliedrovirus Nativos de *Spodoptera frugiperda*” - Pág. 1.
20. Lasa R. 2010. La aplicación del baculovirus de *Spodoptera frugiperda* para el control de dicha plaga supera a la de varios insecticidas comerciales. Disponible en: [www.solociencia.com/agricultura/htm](http://www.solociencia.com/agricultura/htm).
21. López P, Franco J, García G, 2010. Expertos españoles caracterizan las Variables genéticas de una de las plagas más importantes del cultivo de maíz. Disponible en: [www.consumer.es/seguridadalimentaria-/2004/10/04/14629.php](http://www.consumer.es/seguridadalimentaria-/2004/10/04/14629.php)
22. Luna C, Cabrerías J, Pinedo E, Pinto D, Zedda J. 2002.  
Nucleopoliedrovirus para el control de *Spodoptera frugiperda* en la zona de Chinchagua, Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas. No: 63. pp. 39- 45.
23. Mendoza M. 2010. Guía para el manejo integrado de Insectos plagas en Maíz en el Litoral Ecuatoriano. p 2. Boletín Divulgativo. Pronaca.
24. Mondaca C-“Los baculovirus como agentes de control biológico de insectos”2003. disponible en: [www.medigraphic.com/pdfs/lamocro](http://www.medigraphic.com/pdfs/lamocro).
25. Morales J. 2010. Daños ocasionados por *Spodoptera frugiperda* en el cultivo del maíz. Disponible en: [www.agronet.gov.co/gusanocogollero](http://www.agronet.gov.co/gusanocogollero).
26. Negrete F, y Morales J. 2010. El gusano Cogollero del Maíz. Disponible en: [www.agronet.gov.co/gusanocogollero](http://www.agronet.gov.co/gusanocogollero).

27. Polania, Arévalo, Mejía-2007-Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol. 1 – No.1 - pp. 103-113.
28. Rimache M.2008. Cultivo del Maíz. Espasandes. Venezuela.75 p.
29. Romero Y.2010. Control biológico del cogollero del maíz con baculovirus. Disponible en: [www.researchgate.net/publication/32926352](http://www.researchgate.net/publication/32926352)
30. Royano E, 2009, Disponible en:<http://hosting.udlap.mx/profesores/alephzero/archivo/historico/az29/stebaliz.html>
31. Santos F, 2008. “Como controlar el cogollero del maíz sin plaguicidas”. Honduras-Dic. 2008, pág. 9. Disponible en: [www.consumer.es/seguridadalimentaria](http://www.consumer.es/seguridadalimentaria).
32. Trevor Williams, 2010. Disponible en:<http://www.trevorwilliams.info/Ecolbaculoes>.
33. USDA, 2010. Insectos plaga: crean un bioinsecticida español. Manejo y Control de Plagas. National Academy of Sciences. Disponible en. <http://axxon.com.ar/mus/Insectos>.
34. Vaughan S. 1999.Especies parasíticas del gusano cogollero. Proyecto CooperativoUSAID. Costas Rica. pp. 86-90.
35. Vaughan S. 2005.Plagas en el cultivo de maíz. Catie. Costa Rica. p.32.
36. Villamizar L, Espinel, Cotes A – Rev. Colomb. Entomol. vol.35 no.2 Bogotá /Dic. 2009. Disponible en: [http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S012004882009000200002&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S012004882009000200002&script=sci_arttext)

## 9- ANEXOS



Fertilización del cultivo.



Los productos a utilizar: NPV-SPOC (color blanco), NPV-NOD (color negro),

*B. thuringiensis* (Poma), CIPERMETRINA AL 20% (Frasco color blanco).



Realizando conteo de larvas utilizando una varita metálica para facilitar la búsqueda.



Equipado con bomba mochila, para realizar las aplicaciones de los productos.



Letrero del tema de tesis.



Ing. Glenda Rodríguez, del CITTE: realizando seguimiento a la tesis.



Curvamiento de la parte apical presentado en el cultivo



Realizando las aplicaciones de los productos.



Ing. Glenda Rodríguez, del CITTE: realizando seguimiento de la tesis previo a la cosecha.

