

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA**



**Evaluación de flubendiamide Solo y en Mezcla con el Coadyuvante Dyne-Amic Sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).**

**POR:**

**JUAN MAYO HERNÁNDEZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Mayo, 2012**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de flubendiamide Solo y en Mezcla con el Coadyuvante Dync-Amic Sobre *Spodoptera frugiperda* (J.F. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).

POR:

JUAN MAYO HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

~~APROBADO POR:~~

~~MC. Jorge Cerrales Reynaga  
Asesor Principal~~

~~MC. Antonio Cárdenas Elizondo  
Coasesor~~

~~Ing. Agustín Hernández Juárez  
Coasesor~~

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía

Coahuila  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo, 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la oportunidad de vivir y fuerzas por haber permitido terminar mi formación académica.

### **A MI ALMA MATER**

Por haberme brindado las facilidades para mi formación profesional.

### **A TODOS MIS MAESTROS**

Que de alguna u otra forma aportaron sus conocimientos para mi formación académica para que yo sea un profesionista de éxito.

### **A MIS ASESORES**

MC. Jorge Corrales Reynaga, MC. Antonio Cárdenas Elizondo, Ing. Agustín Hernández Juárez y Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe. Por su paciencia y apoyo que me brindaron para que este trabajo se haya realizado.

### **A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN**

Por su apoyo brindado durante mi estancia en la Universidad y que alguna vez escucharon con paciencia mis inquietudes como estudiante.

María del Rosario, Rosivel, Laura, Berenice, Verónica, Nasheli, Sandra, Jonathan, Alfonso, José Eduardo, Óscar Ángel, Emanuel Gerardo, José Gabriel, Raúl, José Luis.

### **A BAYER DE MÉXICO**

Por su apoyo para la realización del presente trabajo de investigación.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES**

Por darme esta maravillosa vida de la cual poseo, y las fuerzas para salir adelante.

A mi padre Bartolo Mayo Tornéz por ser un gran hombre y amigo que Dios puso en mi camino, por aconsejarme siempre para salir adelante en la vida, te admiro papá porque siempre le has luchado a la vida para darle lo mejor a tus hijos y que nunca se duerman con hambre, ese es mi padre.

A mi madre Marcelina Hernández Manzanarez por ser una gran mujer y que ha tenido la paciencia de darles amor, cariño y comprensión a sus hijos, te admiro mamá porque siempre estas pendiente que tus hijos no tengan hambre.

### **A MIS HERMANOS**

Harley, Eliel, Heynner y Hervyn que siempre han estado conmigo brindándome cariño, comprensión, alegría y entusiasmo.

### **A MIS HERMANAS**

Osiris, Yohana, Vercely, Halely y Britel. Por toda la comprensión que me han tenido como el hermano que soy.

### **A MI ABUELITA**

Francisca Manzanarez Conde por esos consejos, cariño y comprensión que me ha dado.

### **AL LIC. FRANCISCO JAVIER MAYO ANGEL**

Por haberme brindado su apoyo moral como económico en los años de lucha en mi estancia en la Universidad. Gracias Mayo.

### **A MARIA DEL ROSARIO MOLINA HIDALGO**

Por todo el cariño, amor y amistad que me ha brindado. Gracias Chayito.

### **AL PROFESOR OMAR PRESTEGUÍ VALENTE**

Por las palabras de aliento que siempre me daba.

### **A MIS AMIGAS**

Mary, Belli, Dulce, Erika, Iris, Ilse y Natty. Que de alguna manera siempre me han apoyado moralmente para seguir caminando por la vida con pasos firmes. Gracias a todas.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	ii
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	iii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	v
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
Generalidades de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	3
Ubicación taxonómica.....	4
Descripción morfológica.....	4
Origen y distribución.....	8
Biología y hábitos.....	8
Daño e importancia económica.....	9
Medidas de control.....	11
Plaguicidas químicos.....	11
Grupo químico: Diamidas.....	12
Características de flubendiamide.....	12
Características de chlorantraniliprole.....	16
Coadyuvantes.....	18
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	19
Localización geográfica del trabajo .....	19
Metodología.....	19
Colonia de insectos.....	19
Cría, Reproducción y Mantenimiento.....	19
Preparación de concentraciones.....	20
Por aplicación tópica.....	20
En la dieta.....	21
Aplicación del bioensayo.....	21
Por aplicación tópica.....	21
En la dieta.....	22
Evaluación.....	22

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
Efectos de los tratamientos por contacto .....	23
Efectos de los tratamientos por vía ingestión.....	28
Comparación de las técnicas de aplicación en cada producto.....	33
Efectos de los tratamientos por contacto .....	33
Efectos de los tratamientos por ingestión.....	33
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>42</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>Pág.</b>
Figura 1.	Ciclo biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	4
Figura 2.	Bandas longitudinales en el cuerpo y sutura en forma de “Y” invertida en la cabeza.....	5
Figura 3.	Segmento abdominal presentando 4 puntos negros en forma de cuadrado.....	6
Figura 4.	Pupas de <i>S. frugiperda</i> .....	7
Figura 5.	Adulto macho de <i>S. frugiperda</i> .....	7
Figura 6.	Estructura química de flubendiamide.....	12
Figura 7.	Mecanismo de acción de flubendiamide.....	14
Figura 8.	Estructura química de chlorantraniliprole.....	16
Figura 9.	Modo de acción de chlorantraniliprole.....	17

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
Cuadro 1.	Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) por exposición al insecticida flubendiamide mediante aplicación tópica.....	23
Cuadro 2.	Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) por exposición al insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic por aplicación tópica.....	25
Cuadro 3.	Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) por exposición al insecticida chlorantraniliprole por aplicación tópica.....	26
Cuadro 4.	Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) por exposición al insecticida flubendiamide en dieta envenenada.....	28
Cuadro 5.	Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) por exposición al insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic en dieta artificial .....	30
Cuadro 6.	Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith) por exposición al insecticida chlorantraniliprole en dieta artificial envenenada .....	31
Cuadro 7.	Ecuación de predicción, $r^2$ , $X^2$ , GL, $CL_{50}$ , $CL_{95}$ , y Limites fiduciales de <i>Spodoptera frugiperda</i> por efecto de la exposición al insecticida flubendiamide, flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y chlorantraniliprole en aplicación por contacto .....	33
Cuadro 8.	Ecuación de predicción, $X^2$ , GL, $CL_{50}$ , $CL_{95}$ , y Limites fiduciales de <i>Spodoptera frugiperda</i> por efecto de la exposición al insecticida flubendiamide, flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y chlorantraniliprole por vía ingestión.....	33

## RESUMEN

En la lucha química contra *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) formulados químicos han jugado un rol importante contra esta plaga, sin embargo con el de cursar del tiempo, al ser utilizados en forma reiterada ha devenido como consecuencia una disminución de su efectividad para mantener niveles tolerables la presencia de la plaga en diversos cultivos y a raíz del sobre uso, este insecto ha generado tolerancia y resistencia a una diversa gama de insecticidas químicos, lo que ha ocasionado que la industria de agroquímicos utilicen diferentes moléculas para generar nuevos productos sintéticos, con diferente modo de acción; tal es el caso de flubendiamide y chlorantraniliprole del grupo químico de las Diamidas, que actúan en los canales sensitivos de los receptores de la Ryanodina (RyR), motivo por el cual se determinó la susceptibilidad de *S. frugiperda* a los ingredientes activos flubendiamide, flubendiamide más el coadyuvante Dyne-Amic y chlorantraniliprole. Estos insecticidas son un novedoso modo de acción para el control de plagas de lepidóptera, resistentes a otros grupos químicos. El bioensayo se realizó mediante dos formas de aplicación; tópica o de contacto y dieta envenenada o ingestión. En el ensayo se utilizaron 6 concentraciones por cada método de aplicación y un respectivo testigo para cada forma de aplicación, en cada una de las diluciones se utilizó 15 larvas de *S. frugiperda* (J.E.Smith) como unidades experimentales. En los experimentos realizados se encontraron diferencias entre tratamientos y formas de aplicación, obteniéndose un mejor resultado al exponer las larvas al insecticida en la dieta envenenada, al tener una mayor mortalidad en la mezcla de flubendiamide con el coadyuvante Dyne-Amic y a una concentración baja y en menor tiempo, encontrándose la misma tendencia en la mezcla de flubendiamide con Dyne-Amic en la técnica mediante aplicación tópica con un mejor resultado en la mortalidad, en menor tiempo y a dosis bajas. En ambos métodos de aplicación se presentó un buen resultado sobre larvas de *S. frugiperda*, al verse un mejor efecto por la vía ingestión y en combinación el flubendiamide con el coadyuvante Dyne-Amic.

**Palabras clave:** Gusano cogollero, Diamidas, Ryanodina, flubendiamide, chlorantraniliprole, coadyuvantes.

## INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) constituye la plaga de mayor importancia que afecta a varios cultivos en México (Bahena, 1998), alrededor de 80 especies en 23 familias (Andrews, 1988; Pashey, 1988), al ser su principal hospedero el maíz causando destrozos en el cultivo desde la etapa de plántula temprana hasta la premadurez (Van Dine, 1913; Smith, 1919; Cowdey, 1923; Cifuentes, 1967; Popov y Reines, 1975 y Raulston *et al.*, 1986; Ortega, 1987); registrando en diversas entidades pérdidas causadas por este insecto que van desde 13 % hasta 60 % y en casos extremos pérdida total del cultivo (Silva-Aguayo, *et al.*, 2010).

Ante este problema se han desarrollado varios métodos tendientes a reducir los daños ocasionados por esta plaga. En nuestro país el más ampliamente difundido es el uso de productos químicos sintéticos (Bahena, 1998), ocupando un lugar preferencial y preponderante desde la década de los 70's y 80's (Alen, 1983).

En la lucha química contra *S. frugiperda*, estos formulados han jugado un rol importante contra la plaga, pero no es menos cierto que con el de cursar del tiempo, al ser utilizados de forma reiterada y producirse no pocas violaciones técnicas de todo tipo, inclusive de dosis en su aplicación, ha devenido como consecuencia una disminución de su capacidad para mantener a niveles tolerables en muchas oportunidades la presencia de la plaga en diversos cultivos (Alen, 1983).

En la actualidad a raíz del sobre uso de ingredientes activos para el control del gusano cogollero del maíz, este ha generado tolerancia y resistencia a una diversa gama de insecticidas químicos, lo que ha ocasionado que la industria de agroquímicos, utilicen diferentes moléculas para generar nuevos insecticidas sintéticos con diferente modo de acción, tal es el caso de los ingredientes activos flubendiamide y chlorantraniliprole del grupo químico de las Diamidas, que actúan en los receptores de la Ryanodina-sensitivos (Bayer CropScience, 2010).

Flubendiamide, descubierto originalmente por investigadores de Nihon Nohyaku (Tohnishi *et al.*, 2005), y primer representante comercial de una clase de las diamidas, y chlorantraniliprole puesto en marcha en el mercado mundial en 2007 (Norwegian Scientific Committee on Food Safety, 2010); representan una novedosa clase de insecticidas con muy alta actividad, contra un amplio espectro de insectos lepidópteros (Nishimatsu *et al.*, 2005; Tohnishi *et al.*, 2005), y que puede ayudar a superar el creciente problema de resistencia a los insecticidas.

Por el cual se han realizado investigaciones en campo para corroborar su efectividad contra insectos plaga, dando como resultado un excelente control. Sin embargo el flubendiamide se ha probado en sinergia con coadyuvantes obteniendo igualdad de resultados que sin su utilización.

En esta investigación como objetivo principal se planteó evaluar el flubendiamide solo y en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic en aplicación tópica y en dieta envenenada sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), comparado con el insecticida chlorantraniliprole como referencia y un testigo absoluto.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades de *Spodoptera frugiperda*

El orden Lepidóptera incluye palomillas que causan gran daño a varios cultivos a nivel mundial, siendo estas las palomillas de los cereales, barrenadores, gusano elotero, gusanos cortadores, gusanos soldados y/o gusano cogollero. Este último; la plaga de mayor importancia económica en muchos cultivos de nuestro país, pero muestra mayor preferencia por el cultivo de maíz. El “gusano cogollero del maíz” o simplemente *S. frugiperda*, que actúa como gusano tierrero, trozador o gusano ejército y como cogollero que es su hábito más característico en el maíz (Negrete, 2003).

*S. frugiperda* presenta una metamorfosis completa (huevo, larva; pupa y adulto), presentando masas de huevecillos muy amplificadas (Ortega, 1987). La fase inmadura (larvas) es la que causa el mayor daño (Montes, *et al.*, 2001), que va desde el 13 % hasta el 60 %. Los daños más serios corresponden a zonas temporales de regiones tropicales y subtropicales (S.A.R.H., 1992). Además de que tiene una amplia cantidad de hospederos, destacándose principalmente el maíz (Angulo *et al.*, 2006).

## Ubicación taxonómica

De acuerdo a Triplehorn y Johnson (2005) se presenta la siguiente ubicación taxonómica para el gusano cogollero.

---

Reino:	Animalia
Phyllum:	Artrópoda
Clase:	Hexápoda
División:	Pterigota
Orden:	Lepidóptera
Suborden:	Frenatae
Súper familia:	Noctuoidea
Familia:	Noctuidae
Subfamilia:	Amphipyirinae
Tribu:	Prodeniini
Género:	<i>Spodoptera</i>
Especie:	<i>frugiperda</i> (J. E. Smith)

---

## Descripción morfológica

*S. frugiperda* consta de un ciclo de vida de cuatro etapas (metamorfosis completa): huevo, larva, pupa o crisálida y adulto (Figura 1) (Ortega, 1987; Montes, *et al.*, 2001).

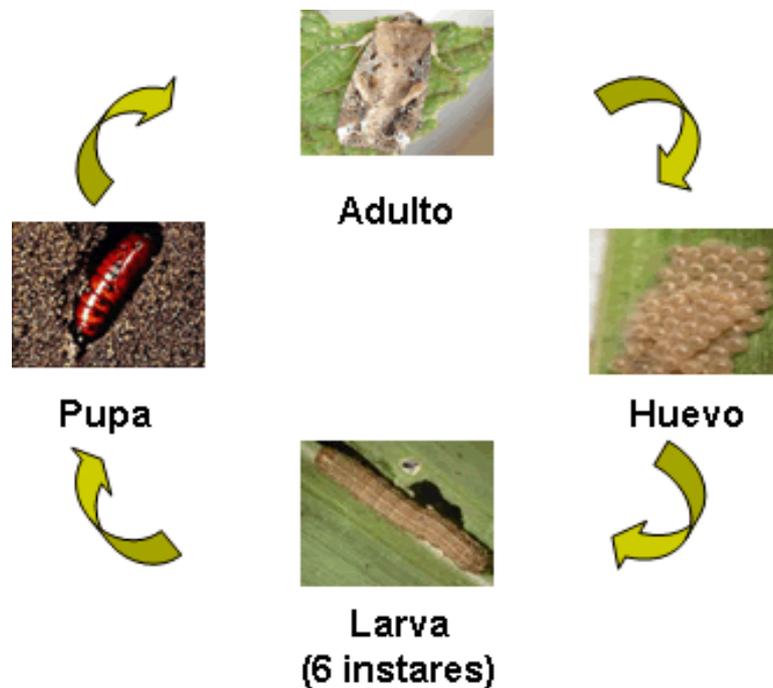


Figura 1. Ciclo biológico del gusano cogollero *S. frugiperda*. Fuente [www.cesaveg.com](http://www.cesaveg.com)

Huevo: El exocorion presenta depresiones superficiales, en tanto que el endecorion es liso (Bahena, 1998). El huevo mide 0.45 mm de diámetro por 0.35 mm de alto, son casi blancos con un tinte verdoso (Peterson, 1962), de donde emergen todas las larvas juntas de la masa de huevos ovipositados, con una tasa de mortalidad en extremo elevada debido a factores como la lluvia, depredadores y parásitos.

Larva: Durante los 2 primeros estadios, los inmaduros son de color verde amarillento con la cabeza oscura. Las larvas grandes llegan a medir de 3-4.5 cm de largo por 30 mm de ancho (S.A.R.H., 1992, Crumb, 1956; citados por Corona, 2008). Son de color café oscuro grisáceo o verdoso con 3 bandas longitudinales en el cuerpo y una sutura en forma de “Y” invertida en la cabeza (Figura 2).



Figura 2. Bandas longitudinales en el cuerpo y sutura en forma de “Y” invertida en la cabeza.  
Fuente: Blog at WordPress.com

Los segmentos abdominales son de igual ancho hasta el 8° segmento, después se hacen más angostos, en este último en vista dorsal, presenta cuatro puntos negros en forma de cuadrado que corresponden a los pináculos setíferos dorsales; son prominentes y carecen de micro espinas, el color general varía de rosado a amarillo, oliváceo y gris o casi negro (Figura 3). El dorso es más pálido que el área supraespiracular, la cual posee cintas y adornos castaños o negruzcos; la línea medio-dorsal es ancha, algo tenue, pero firmemente definida. Posee una línea fuerte amarillenta ventralmente al tubérculo setífero II, el área supraespiracular es más oscura dorsalmente, particularmente en una mancha negra marginal anterior en

los segmentos abdominales. Espiráculos pálidos en una mancha blanquecina. Una banda subventral bien definida, ancha amarilla o blanquecina, más o menos moteado con ferrugineo. Tubérculos setíferos grandes, casi planos, oscuros, cabeza grisácea, amarillenta o castaña: áreas adfrontales y margen adyacente blanco, arcos submedianos y denticulación, ferruginea o castaña, más oscuras dorsalmente. El escudo cervical es castaño-oscuro cortado por una línea media y dos líneas medias claras laterales (Bautista 2006; Crumb, 1956 citado por Corona, 2008).



Figura 3. Segmento abdominal, presentando cuatro puntos negros en forma de cuadrado.  
Fuente: Bautista, 2006.

Pupa: Las pupas son de color café rojizo (S.A.R.H., 1992) generalmente de color castaño oscuro, es de tipo obtecta, desnuda, de 15 mm de largo y 5 mm en su parte mas ancha. Tegumento totalmente liso (Figura 4). El ápice de las pterotecas llega a alcanzar el tercio del cuarto segmento abdominal; ápice de la espirotroma un poco antes del término de las pterotecas, quedando un trecho en el cual se logran distinguir parte de las ceratotecas mesotorácicas; ápice de las ceratotecas y podototecas mesotorácicas ubicados un poco antes de la espirotroma. Los espiráculos van en el ápice de una proyección del segmento que se recurva hacia el extremo posterior, se encuentran desde el II a VII segmento abdominal, el VIII es apenas visible. Borde anterior de IV al VII segmento abdominal con sensilas circulares; borde posterior del IV segmento abdominal con una serie de estrías transversas paralelas. Hembras con los segmentos (X-XI) y VIII en contacto; cremáster formado por dos espinas rectas y delgadas (Angulo *et al.*, 2006).



Figura 4. Pupas de *S. frugiperda*

Adulto: Los adultos son palomillas de 2-3 cm de largo y de 3 a 3.5 cm de expansión alar, con las alas anteriores de color café grisáceo con un patrón de manchas claras; las alas posteriores son mas pequeñas y de color claro (S.A.R.H., 1992).

El macho (Figura 5) presenta en el área costal de las alas anteriores una coloración pálida; además, poseen una mancha elíptica blanquecina cerca del centro (me) y, a un lado de esta, una franja diagonal clara dirigida del margen costal al centro del ala y presenta una pequeña mancha blanquecina en el margen apical. La cabeza y tórax son de color amarillo u ocre; el abdomen presenta zonas oscuras y en la parte posterior un penacho o cresta anal (Bahena, 1998).

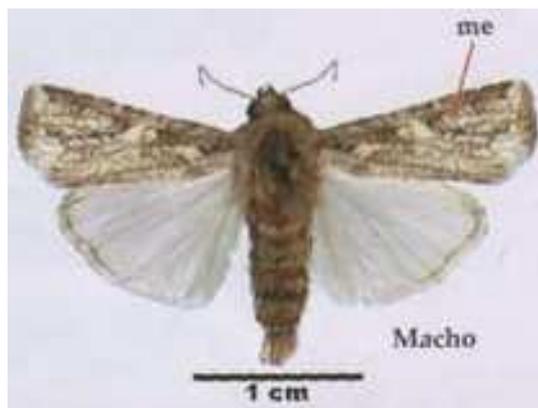


Figura 5. Macho adulto de *S. frugiperda*. Fuente: Bautista, 2006.

La hembra presenta una mancha elíptica (me) en el margen costal delimitado por una línea clara, de color gris, mas oscura que el macho, además que carece de cresta anal y de la mancha blanquecina (Bahena, 1998).

## **Origen y distribución**

El gusano cogollero es nativo de centro y Sur América, donde ha causado incalculables pérdidas económicas, la larva se alimenta de la lámina foliar llegando hasta esqueletizarlas, ocasionando grandes pérdidas en los cultivos.

En México, su distribución es muy amplia, estando presente en todas las zonas productoras de maíz. Su presencia y daños han sido consignadas en las siguientes entidades: Michoacán, Guerrero, Morelos, Veracruz, Oaxaca, Quintana Roo, Yucatán, Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, México, Chiapas y Campeche. (S. A. R. H., 1992).

## **Biología y hábitos**

Las hembras ovipositan masas de 40-300 huevecillos, generalmente en el envés de las hojas y ocasionalmente en el haz; los huevecillos son esféricos de color verde aperlado y cambian a café claro al final de la maduración, al ser ovipositados son cubiertos por pelillos o escamas de la misma palomilla ( S.A.R.H., 1992). Se ha observado también que los huevos pueden ser colocados en malezas del cultivo (Alcaráz, s/f citado por Corona, 2008).

La incubación del huevo dura de 4 a 5 días. Las larvas emergen de los huevos todas juntas; para inicialmente alimentarse del corion del huevo; su tasa de mortalidad es en extremo elevada debido a factores como la lluvia, depredadores y parásitos o parasitoides. Durante los 2 primeros estadios son de color verde amarillento con la cabeza oscura. Tienen hábito de canibalismo y se destruyen entre sí cerca de la masa original; las que sobreviven se dispersan en las hojas y posteriormente al interior del cogollo donde generalmente se localiza una sola larva. Las larvas de último estadio llegan a medir de 3-4.5 cm de largo por 30 mm de ancho (S.A.R.H., 1992, Crumb, 1956 citado por Corona, 2008). La duración larval es de aproximadamente 21 días (Crumb, 1956 citado por Corona, 2008). La pupación ocurre en el suelo y dura unos 7 días, siendo las pupas de color café claro a café

rojizo o marrón a medida que maduran (S.A.R.H., 1992), para posteriormente emerger los adultos, en una duración de su ciclo de vida de aproximadamente 32 días en condiciones de clima tropical, el cual se prolonga bajo otras condiciones. En siembra de temporal los insectos se presentan desde la emergencia de las plántulas y continúa detectándose el daño hasta el inicio de la etapa de floración (S.A.R.H., 1992).

### **Daño e importancia económica**

El gusano cogollero es considerado como una de las principales plagas de maíz en las regiones tropicales y subtropicales de América y es posible encontrar especies muy afines en África y Asia. En México, en diversas entidades se han registrado pérdidas causadas por este insecto que van desde 13 % hasta 60 % y en casos extremos pérdida total del cultivo (Silva-Aguayo, *et al.*, 2010). Pues esta especie tiene como característica principal el ser polífaga con más de 80 especies en 23 familias (Andrews, 1988; Pashey, 1988). Los daños más serios corresponden a zonas temporales de regiones tropicales y subtropicales. Siendo este insecto una de las plagas con mayor importancia en gramíneas que atacan principalmente al maíz, al causar destrozos en el cultivo desde la etapa de plántula temprana hasta la premadurez (Van Dine, 1913; Smith, 1919; Cowdey, 1923; Cifuentes, 1967; Popov y Reines, 1975 y Raulston *et al.*, 1986; Ortega. 1987).

Además de maíz este insecto afecta otros cultivos de importancia económica, algunas gramíneas como el sorgo, arroz, pastos; leguminosas como el frijol, soya y cacahuate y cultivos hortícolas como la papa, tomate, cebolla, pepino, col y camote y cultivos industriales como el algodón (Silva-Aguayo, *et al.*, 2010) siendo estos los de mayor preferencia, y aparte otra gran variedad de cultivos distribuidos en diversas familias, principalmente Poaceae como Arroz (*Oryza sativa*), Avena (*Avena sativa*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Gamelote (*Panicum máximum*), Millo (*Sorghum vulgare*), Hierba Pará (*Panicum purpurascens*), Hierba Pangola (*Digitaria decumbens*), Granadilla (*Paspalum fimbriatum*), Arrocillo (*Oryza latifolia*) y caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); la alfalfa (*Medicago sativa*) de la familia fabaceae; el papiro

(*Cyperus papyrus*) de la familia Cyperaceae; otra es la familia Solanaceae como la Berenjena (*Solanum melongena*), el pimentón o chile (*Capsicum frutescens*) y el tabaco (*Nicotiana glauca*); Amaranthaceae como la Pira (*Amaranthus viridis* y *Amaranthus spinosus*) y Espinaca (*Spinacia oleracea*); el mango (*Mangifera indica*) de las Anacardiaceae, la Papaya (*Carica papaya*) de las Caricaceae, la higuera (*Ricinus communis*) de las Euphorbiaceae; el Semeruco (*Malpighia glabra*) de la Malpighiaceae; Myrtaceae como *Psidium guajava* (Guayaba) y Eucalipto (*Eucalyptus* sp); el Mamón (*Melicoca bijuga*) de las Meliaceae; la Gladiola (*Gladiolus hortulanus*) de las Iridaceae; el almendrón (*Terminalia catappa*), de la Combretaceae; la familia Brassicaceae: Repollo (*Brassica oleracea*) y *Brassica napus* (Nabo); plátano (*Musa paradisiaca*) de la Musaceae, y Pimienta (*Piper nigrum*) de las Piperaceae; otra es la familia Rosaceae en manzana (*Malus domestica*) y Fresa (*Fragaria spp*); la Cucurbitaceae (*Cucumis melo*), Linaceae, Lino (*Linum sp*); Pedaliaceae incluyendo al ajonjolí (*Sesamum indicum*), Asparagaceae, el esparrago (*Asparagus officinalis*); Rutaceae, Naranja (*Citrus sp*) y limón (*Citrus lemon*) y la Vid (*Vitis vinífera*) de la familia Vitaceae (Luginbill, 1928; Bruner y Deschappelles, 1965; Metcalf y Flint, 1965; Labrador, 1967; García, 1975; Terán 1980; Angulo *et al.*, 2006 ).

En los diferentes cultivos las larvas de los dos primeros estadios se alimentan de las hojas causando unas descarnaduras aisladas, sin romper el parénquima, lo que da la apariencia de zonas blanquecinas transparentes como “ventanas”. Algunas veces esta plaga actúa como “trozador” o “tierrero” donde permanecen ocultos bajo el suelo durante el día, cerca de las plantas que atacan, y durante la noche trozan las plántulas. Atacan las partes tiernas o cogollos de las plantas limitando su normal crecimiento, también pueden comer hojas (S. A. R. H., 1992).

Cuando las larvas buscan las plantas y penetran verticalmente el cogollo, donde permanecen ocultas hasta que bajan al suelo para empupar. Este daño es muy notorio, ya que las hojas se observan rasgadas y con abundantes excrementos, retrasando así, el crecimiento de la planta (S. A. R. H., 1992).

Los tres primeros estadios requieren menos del 2 % del follaje total consumido; sin embargo una larva puede llegar a consumir 140 cm<sup>2</sup> para completar su desarrollo (S. A. R. H., 1992).

Los daños más severos se presentan en zonas tropicales y subtropicales, cuando la temperatura predominante es de 30°C o más , la larva puede penetrar en la base de la planta, sin que esta se caiga, a diferencia de un trozador que corta el tallo y en consecuencia la planta cae; el nivel crítico para esta plaga como cortador o tierrero es de 15 % de plantas trozadas; como defoliador depende el estado del cultivo (Bautista, 2006).

## **Medidas de control**

### **Plaguicidas químicos.**

Desde la década de los 70's y 80's ocuparon un lugar preferencial y preponderante el lindano a razón de 0,5-0,75 kg/ha de ingrediente activo (i.a.), carbaryl de 1,7-2,5 kg/ha i.a., la fórmula doble endosulfan-parathion methyl de 1,0-1,5 kg/ha i.a., triazophus de 0,3-0,6 kg/ha i.a. y monocrotophos de 0,4-0,8 kg/ha i.a. (Alen, 1983).

En la lucha química contra *S. frugiperda* se utilizan aún en la actualidad y desde hace dos décadas un grupo de insecticidas químicos; estos formulados han jugado un rol contra la plaga, pero no es menos cierto que a través del tiempo, al ser utilizados de forma reiterada y producirse no pocas violaciones técnicas de todo tipo, inclusive de dosis en su aplicación, ha devenido como consecuencia una disminución de su capacidad para mantener a niveles tolerables en muchas oportunidades la presencia de la plaga en diversos cultivos (Bayer CropScience, 2010).

En la actualidad por la problemática surgida a raíz del sobre uso de ingredientes activos para el control del gusano cogollero del maíz, este ha generado tolerancia y resistencia a una diversa gama de insecticidas químicos, lo que ha generado que la industria de agroquímicos, utilicen diferentes moléculas para

generar nuevos insecticidas sintéticos con diferente modo de acción como las Diamidas.

### Grupo químico: Diamidas

Diamidas del ácido ftálico, controla eficazmente un amplio rango de lepidópteros actuando sobre los receptores de Ryanodina-sensitiva (canales intracelulares especializados en la liberación paulatina del  $\text{Ca}^{2+}$  que permite el movimiento de las larvas) uniéndose a ellos y ocasionando su apertura indefinida permitiendo que el calcio se libere descontroladamente causando atrofia muscular, cesación inmediata de la alimentación y posteriormente la muerte de la larva (Zapata y Fabricio, 2010).

### Características de flubendiamide

Flubendiamide (Figura 6), descubierto originalmente por investigadores de Nihon Nohyaku (Tohnishi *et al.*, 2005), representa una novedosa clase de insecticidas con muy alta actividad, contra un amplio espectro de insectos lepidópteros. En una investigación conjunta recientemente entre Nihon Nohyaku y Bayer CropScience fue encontrar cómo y dónde actúa el flubendiamide, encontrando así que flubendiamide activa la Ryanodina-sensitiva en la liberación de canales de calcio intracelular (Receptores de Ryanodina, RyR) en insectos (Ebbinghaus-Kintscher *et al.* 2006; Masaki *et al.* 2006; Lummen *et al.* 2007).

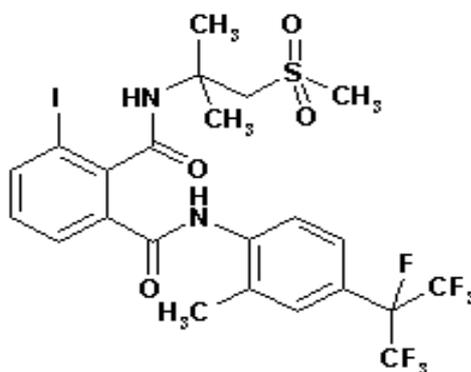


Figura 6. Estructura química de flubendiamide.

La Ryanodina es un alcaloide aislado de tallos de la planta *Ryania speciosa* Vahl (Jenden y Fairhurst, 1969), ha sido utilizado como insecticida botánico por más de 50 años (Schmitt *et al*, 1997; Sutko *et al.*, 1997). Sin embargo, el problema con el uso de la Ryanodina como insecticida es que es altamente tóxico para los insectos y mamíferos. Se hicieron muchos intentos para encontrar un derivado de la Ryanodina, con suficiente acción insecticida y, al mismo tiempo con baja toxicidad para los mamíferos (Waterhouse *et al*, 1987; Usherwood y Uways, Análogos de 1995), pero hasta ahora la potente Ryanodina con una alta selectividad para los RyR de insectos no se han encontrado. Posible razón de esto puede ser que la alta afinidad del sitio de unión de la Ryanodina se encuentra dentro de la región de los poros y es altamente conservado a lo largo del reino animal (Puente *et al.* 2000; Xu *et al.* 2000).

Los receptores de Ryanodina-sensitiva (Figura 7) son canales intracelulares de  $Ca^{2+}$ , especializados para la rápida liberación masiva de  $Ca^{2+}$  intracelular, a partir de depósitos intracelulares, que es un paso esencial en el proceso de contracción muscular (activación y excitación de las células). En contraste con la mayoría del éxito comercial de los insecticidas que actúan sobre el sistema nervioso, flubendiamide interrumpe la adecuada función muscular en los insectos y representa, por lo tanto un modo único y novedoso de acción (Ebbinghaus-Kintscher, *et al.*, 2007a).

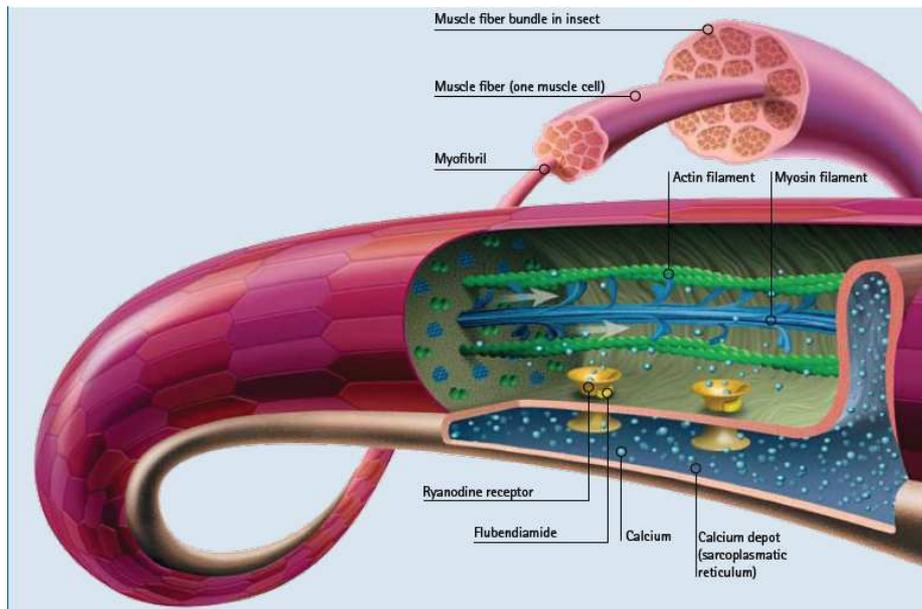


Figura 7. Mecanismo de acción de flubendiamide. Fuente: www. Bayer CropScience.com

El flubendiamide es el primer representante comercial de una clase del grupo químico de las Diamidas del ácido ftálico denominado también benzenodicarboxamidas, que son nuevos para la protección de cultivos y con una excelente actividad contra un amplio espectro de insectos lepidópteros (Nishimatsu *et al.*, 2005; Tohnishi *et al.*, 2005). Este nuevo químico es una combinación de un nuevo modo de acción que puede ayudar a superar el creciente problema de resistencia a los insecticidas. Flubendiamide está siendo desarrollado conjuntamente por Nihon Nohyaku y Bayer CropScience a nivel mundial destinados a la aplicación foliar en muchos cultivos que incluye verduras, frutas y algodón (Ebbinghaus *et al.*, 2007b).

La aplicación de flubendiamide provoca un rápido aumento de la concentración del calcio libre citosólico ( $[Ca^{2+}]_c$ ) en las neuronas, observándose en las larvas, el cese de la alimentación, y muestran una pronunciada contracción y la parálisis de todos los músculos del cuerpo. Típicamente, las larvas quedan inmóviles o con movimientos muy restringidos y extremadamente lentos (www. Bayer CropScience, 2010).

En el caso de flubendiamide, hay buena evidencia de que no sólo abre los canales receptores de Ryanodina (RyR), pero también bloquea el canal en el estado abierto. La contracción de los músculos inducida por flubendiamide es muy persistente, lo que indica un trastorno de larga duración de  $\text{Ca}^{2+}$  del control de los músculos (Masaki *et al.*, 2006). Esto es fuertemente apoyado por los resultados de Masaki *et al.*, (2006), mostrando que flubendiamide lleva a una estimulación persistente de SERCA (Retículo Sarco Endoplásmico  $\text{Ca}^{2+}$  ATPasa por sus siglas en ingles), un  $\text{Ca}^{2+}$  ATPasa, que bombea iones  $\text{Ca}^{2+}$  de la parte posterior del citosol en el retículo endoplásmico. Esta es una consecuencia razonable, si el bombeo de los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  es continuamente a través del flujo de la tienda nuevamente, los canales de RyR estarán permanentemente abiertos. Además de la interrupción de la homeostasis de  $\text{Ca}^{2+}$ , lo que representa un permanente consumo excesivo de energía que pueden contribuir al efecto letal.

En resumen, flubendiamide es un insecticida que tiene un nuevo y muy interesante modo de acción. Que activa selectivamente en los insectos, los canales receptores de Ryanodina-sensitiva, lo que puede explicar su toxicología y su perfil favorable en los mamíferos ([www.BayerCropScience.com](http://www.BayerCropScience.com)).

La excelente absorción foliar y translocación acropétala de Belt a los nuevos puntos de crecimiento, garantizan un control prolongado permitiendo, según la situación, reducir el número de aplicaciones siempre en alternancia con otros insecticidas de diferente principio activo distinto para evitar el desarrollo de resistencia cruzada; su alta eficacia biológica contra un amplio espectro de lepidópteros en algodón y otros cultivos, la baja dosis de uso registrada y su excelente perfil eco-toxicológico, catapultan a flubendiamide como una excelente herramienta de innovación dentro del contexto de protección integrada de cultivos (Bayer CropScience, 2010).

## Características de chlorantraniliprole

El chlorantraniliprole (Figura 8) pertenece al grupo químico 28 de las Diamidas (moduladores del receptor de Ryanodina) de acuerdo al Insecticide Resistance Action Committee (IRAC, 2010) este producto presenta bajo potencial de volatilización en campo en condiciones reales de uso, con un valor <0,01 % de pérdida de chlorantraniliprole aplicado a las 24 horas de aplicación (Lyman *et al.*, 1982; tomado de la Norwegian Scientific Committee on Food Safety, 2010).

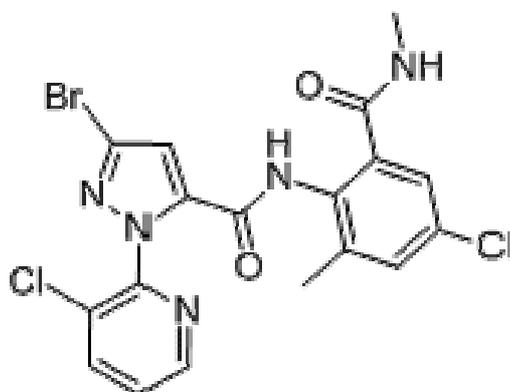


Figura 8. Estructura química de chlorantraniliprole.

El modo de acción es diferente a la mayoría de los insecticidas comerciales, por lo que no es considerado neurotóxico (Figura 9). El riesgo de resistencia esta determinado en baja-moderada debido a la situación actual de plagas y el uso previsto de chlorantraniliprole en el mercado de acuerdo a la Norwegian Scientific Committee on Food Safety, 2010.

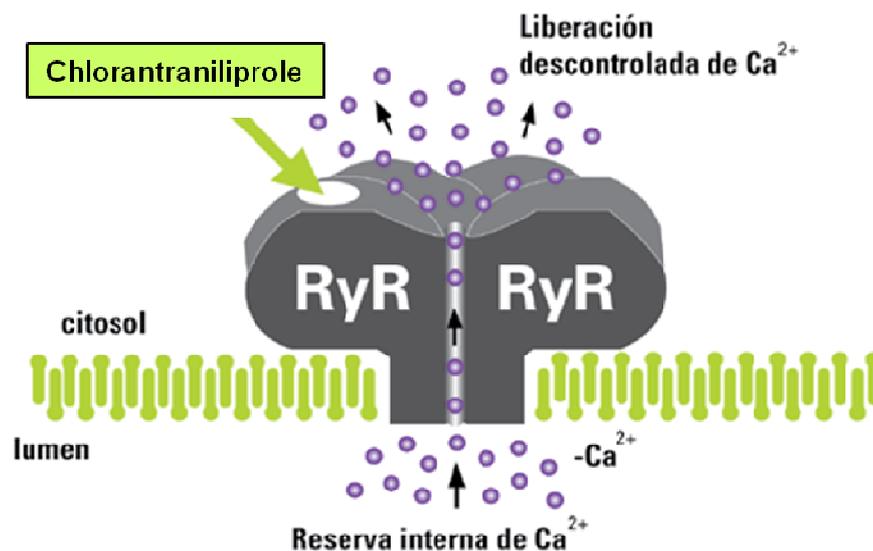


Figura 9. Modo de acción de chlorantraniliprole. Fuente: [www.dupont.com](http://www.dupont.com)

No hay otros productos vegetales, que contengan chlorantraniliprole registrados en el mercado. Los productos que contienen este principio activo se pusieron en marcha en el mercado mundial en 2007, y sólo recientemente se han registrado en los países europeos. La resistencia en campo contra chlorantraniliprole no se ha detectado, puesto que el producto es bastante nuevo, esto no es lo esperado. Estudios de resistencia a la presión (la selección artificial de la resistencia) hasta ahora no se ha hecho. Según DuPont, extensas pruebas de resistencia cruzada con varios organismos resistentes a otros principios activos se han realizado, pero la resistencia cruzada no se ha detectado. Esto indica que los mecanismos de resistencia se sabe que no son capaces de desintoxicar efectivamente chlorantraniliprole (Norwegian Scientific Committee on Food Safety, 2010).

Coragen, es un producto nuevo en el mercado que contiene el principio activo del chlorantraniliprole, aplicado principalmente para el control de larvas de lepidópteros. Contiene un 20 % de chlorantraniliprole. El producto funciona por ingestión y parcialmente por contacto, induciendo una parálisis muscular a través de la alteración del equilibrio del calcio ([www.dupont.com](http://www.dupont.com)).

Presenta una translocación sistémica en la planta (floema / xilema movilidad) después de la aplicación al suelo en la zona radicular. Cuando se rocía, Coragen es sistémico a nivel local (actividad translaminar), el ingrediente activo penetra en la cutícula / epidermis y se mete en las células del mesófilo. El producto es principalmente eficaz en las etapas larvales, pero en algunas especies hay también un efecto ovicida, además tiene propiedades resistentes a la lluvia y la resistencia a la foto-degradación. Esto conduce a una protección de la planta por una larga duración (2-3 semanas) ([www.dupont.com](http://www.dupont.com)).

## **Coadyuvantes**

La tecnología de los coadyuvantes (o adyuvantes) ha tenido progresos muy importantes, a tal grado que cada vez más compañías fabricantes de agroquímicos aconsejan el uso de uno o más de ellos en mezcla con sus productos. Estos productos cumplen una gran cantidad de funciones que de manera individual o conjunta, ayudan a mejorar el desempeño de una aplicación. Algunas de estas funciones incluyen adherencias, compatibilidad, corrección de pH, ablandamiento de aguas, reducción de espuma, reducción de evaporación, penetración, minimización de deriva; entre otras. Los coadyuvantes reducen o eliminan muchos de los problemas de las aplicaciones de los plaguicidas, y es frecuente que se necesite de una combinación de ellos, compatible y complementaria entre sí, para multiplicar sus efectos beneficiosos ([www.labza.com.ar/descargas/Coadyuvantes.pdf](http://www.labza.com.ar/descargas/Coadyuvantes.pdf)).

DYNE AMIC<sup>®</sup>, coadyuvante con actividad penetrante y humectante que resulta de la mezcla de surfactantes organosilicones no iónicos y de aceites vegetales refinados y modificados, por su diseño; mejora el cubrimiento de las aspersiones de agroquímicos al modificar físicamente la deposición y humectación, obteniéndose como resultado una aspersión uniforme ([www.pro-agro.com.mx/prods/bayer/bayer28.htm](http://www.pro-agro.com.mx/prods/bayer/bayer28.htm)).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización geográfica del trabajo de investigación**

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en el área de cámaras bioclimáticas y laboratorio de Toxicología del Departamento de Parasitología, durante el año 2011. Con domicilio en la Calzada Antonio Narro, # 1923 en Buenavista, Saltillo; Coahuila, México. Entre los 25°22" latitud norte y 100°05" longitud oeste .

### **Metodología**

#### **Colonia de insectos**

Se trabajó con *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), obtenida en campos de maíz en el ejido Benito Juárez en Matamoros; Coahuila, la que se trasladó y estableció en laboratorio por un periodo de 8 meses, totalmente susceptibles y libre de patógenos.

#### **Cría, reproducción y mantenimiento**

Los insectos obtenidos en campo se llevaron al área de cámaras bioclimáticas, se colocaron en recipientes de plástico de 25 ml a base de dieta artificial, la cual consistió en mezclar 85 g de harina de soya, 60 g de germen de trigo, 50 g de levadura, 3 g de ácido ascórbico, 3 g de Methyl 4 Hidroxibenzoato [Nipagin], 1 g de ácido sórbico, 12 g de agar, 500 mg de aureomicina, 1 ml de vitaminas, 875 ml de agua, hasta la fase de pupa, de donde se extrajeron y se colocaron en recipientes de plástico de un litro de capacidad, hasta la emergencia de la fase adulta; posteriormente se trasladaron las palomillas a cilindros mas grandes de pvc recubiertos de tela organza como sustrato para la oviposición de los adultos, de donde se recogieron huevecillos para su eclosión y utilización de las larvas neonatas en los bioensayos. Los adultos se alimentaron con una solución de 20 g de

miel, 20 g de azúcar y 6 g de ácido ascórbico/litro. Las condiciones en las que se mantuvieron las colonias de insectos fueron de 25-30°C de temperatura, 55-70 % de humedad relativa y fotoperiodo de 14 horas día por 10 horas de obscuridad, monitoreadas constantemente (Burd, *et. al.*, 2003; Akhurst *et. al.*, 2003; Ali *et. al.*, 2006).

## **Preparación de concentraciones**

Bajo condiciones de laboratorio se realizaron pruebas preliminares para evaluar la letalidad de los insecticidas Belt (flubendiamide) y Coragen (chlorantraniliprole) este último utilizado como referencia, y así derivar 6 concentraciones a manejar en la aplicación tópica y ensayo con dieta envenada, utilizando en este último la dosis de campo recomendada.

### **Por aplicación Tópica**

Para la preparación de las concentraciones del insecticida Belt para el bioensayo, primeramente se realizó una concentración madre de 10,000 ppm utilizando agua corriente como vehículo y a partir de esta se derivaron 6 concentraciones de 5000 ppm, 1000 ppm, 500 ppm, 100 ppm, 50 ppm y 10 ppm, las cuales se transformaron a dosis (mg/gr) tomando el peso promedio de larvas de L3 de *S. frugiperda*.

Para la preparación de las concentraciones del Insecticida Belt más el coadyuvante Dyne-Amic, se preparó una mezcla madre del insecticida Belt 10,000 ppm con agua corriente como vehículo y a partir de ésta se derivaron 6 concentraciones de 1000 ppm, 500 ppm, 100 ppm, 50 ppm, 10 ppm y 1 ppm, y se le agregó a cada concentración 0.5 % v/v del coadyuvante Dyne-Amic.

Para el insecticida Coragen se realizó una mezcla madre de 10,000 ppm, utilizando agua corriente como vehículo y a partir de esta se derivaron 6 concentraciones de 500 ppm, 100 ppm, 50 ppm, 10 ppm, 1 ppm y 0.1 ppm.

## **En la dieta**

Para la preparación de concentraciones del insecticida Belt para el bioensayo, primeramente se realizó una mezcla madre de 10,000 ppm con agua corriente como vehículo y a partir de esta se derivaron 6 concentraciones de 100 ppm, 50 ppm, 10 ppm, 1 ppm, 0.1 ppm y 0.01 ppm.

Para la preparación de las concentraciones del Insecticida Belt mas el coadyuvante Dyne-Amic, se preparó una mezcla madre del insecticida Belt de 10,000 ppm utilizando agua corriente como vehículo y a partir de esta se derivaron 6 concentraciones de 100 ppm, 50 ppm, 10 ppm, 1 ppm, 0.1 ppm y 0.01ppm, y se le agregó a cada concentración 0.5 % v/v del coadyuvante Dyne-Amic.

Para el insecticida Coragen se realizó una concentración madre de 10,000 ppm, utilizando como vehículo agua corriente y a partir de esta se derivaron 6 concentraciones de 500 ppm, 100 ppm, 50 ppm, 10 ppm, 1 ppm y 0.1 ppm.

## **Aplicación de bioensayos**

### **Por aplicación Tópica**

Para el bioensayo de aplicación tópica se utilizaron larvas de tercer estadio (L3) de *S. frugiperda*, las cuales previamente fueron pesadas, obteniéndose un peso promedio de las larvas para determinar posteriormente la dosis (mg/g) que se le aplicó.

Con apoyo de una micropipeta se aplicó en la parte dorsal de las larvas de *S. frugiperda* 1 µl de cada concentración con 15 repeticiones en cada una de estas.

## **En la dieta**

Para este bioensayo se realizaron pruebas con larvas de *S. frugiperda* de primer estadio de menos de 24 horas de edad sin alimentar. En recipientes con 3-4 grs. de dieta artificial se inocularon con 100 µl de cada una de las concentraciones, y posteriormente se colocaron larvas de primer estadio con 15 repeticiones en cada concentración.

## **Evaluación**

Los datos de mortalidad se registraron diariamente hasta los 8 días de establecido el experimento, definiendo como criterio de muerte las nulas o pocas reacciones de movimiento total del insecto que tenia al ser tocado con las cerdas de un fino pincel. Primeramente se transformaron las concentraciones a dosis en el ensayo de aplicación tópica, y para el ensayo de dieta envenenada se analizaron las concentraciones; se realizó el análisis de los datos mediante el uso del análisis Probit utilizando el software PcProbit ver. 1.0 (Camacho, 1990), para estimar el valor de la DL50, CL50 y el margen de fiabilidad (límite fiducial) al 95 % de significancia y las líneas de regresión de la concentración-mortalidad según correspondió a cada ensayo. El nivel de mortalidad máxima aceptable para esta investigación en el testigo fue del 10 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio, se presentan en 2 apartados, el primero se refiere al efecto de los insecticidas aplicados en forma tópica es decir el efecto por contacto y el segundo apartado se refiere al efecto de los insecticidas aplicados en el sustrato alimenticio es decir el efecto por ingestión, y al final se compara el efecto de la forma de aplicación para cada insecticida.

### Efecto de los tratamientos por contacto

Cuadro 1. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por exposición a diferentes dosis del insecticida flubendiamide mediante aplicación tópica.

Dosis (mg/gr)	Porcentaje de mortalidad					
	Horas					
	24	48	72	96	120	144
0.0	0	0	0	0	0	0
0.47	0	0	0	0	0	0
2.37	0	0	0	0	0	0
4.7	0	0	6.67	6.67	6.67	13.00
23.7	6.67	6.67	20.00	20.00	20.00	27.00
47.3	13.33	13.33	26.67	33.33	40.00	60.00
236.7	26.67	26.67	60.00	60.00	73.00	80.00

En el cuadro 1 se observa la mortalidad que causó el insecticida flubendiamide a diferentes concentraciones y en diferentes tiempos de evaluación mediante aplicación tópica; a las 24 y 48 horas después de la exposición se aprecian porcentajes bajos de mortalidad en las dosis altas, con mortalidades de 6.67 %, 13.33 % y 26.67 % en las dosis de 23.7 mg/gr, 47.3 mg/gr y 236.7 mg/gr respectivamente; además de no observarse mortalidad en las dosis bajas (0.47 mg/gr, 2.37 mg/gr y 4.7 mg/gr). A las 72 horas de iniciado el experimento se observó que la mortalidad tuvo un ligero incremento, con un 6.67 %, 20 %, 26.67 % y 60 % en las dosis de 4.7 mg/gr, 23.7 mg/gr, 47.3 mg/gr y 236.7 mg/gr respectivamente. Adicionalmente es importante señalar que las larvas presentaron parálisis maxilar y/o

su alimentación se vio interrumpida, ocasionando su posterior muerte, al respecto Tohnishi *et al.*, (2005) y Masaki *et al.*, (2006) mencionan que el insecticida flubendiamide ocasiona parálisis maxilar en las larvas; además se observó que las larvas muertas, no alcanzaron la muda al 4<sup>to</sup> estadio larval o se encontraban en plena muda y se observó la presencia de excreción en abundancia (Anexo 1). 96 horas posteriores al inicio del bioensayo, la mortalidad presentó mortalidades de 6.67 %, 20 %, 60 % y 80 % en las dosis de 4.7 mg/gr, 23.7 mg/gr, 47.3 mg/gr y 236.7 mg/gr respectivamente, manteniéndose la mortalidad idéntica previa 24 horas antes. Observándose que la parálisis maxilar se hacía más fuerte, reduciendo su alimentación y ocasionando que sus reflejos sean lentos y torpes. La evaluación hecha a las 120 horas, resultó en una mortalidad de larvas de *S. frugiperda* del 6.67 %, 20 %, 40 % y 73 % en las dosis 4.7 mg/gr, 23.7 mg/gr, 47.3 mg/gr y 236.7 mg/gr respectivamente, con un ligero incremento en las dos dosis mas altas. 144 horas de exposición de *S. frugiperda* al insecticida flubendiamide presentó un incremento en la mortalidad con un 80 % en la dosis mas alta (236.7 mg/gr), seguida de las dosis 47.3 mg/gr, 23.7 mg/gr y 4.7 mg/gr con una mortalidad respectiva de 60 %, 27 % y 13 %, estabilizándose la mortalidad, correspondientemente se determinó mediante un análisis Probit una DL<sub>50</sub> de 45.15 mg/gr (Cuadro 7); se observa que las dosis de 0.47 mg/gr y 2.37 mg/gr desde el inicio del bioensayo no presentó ninguna muerte durante el proceso de evaluación; además se observó durante el experimento, que las larvas sobrevivientes puparon 5 días después respecto al testigo.

Cuadro 2. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por exposición a diferentes dosis del insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic por aplicación tópica.

Dosis (mg/gr)	Porcentaje de mortalidad				
	Horas				
	24	48	72	96	120
0.0	0	0	0	0	0
0.047	6.67	6.67	13.33	13.33	46.67
0.47	26.67	26.67	40.00	46.67	46.67
2.37	26.67	40.00	60.00	60.00	60.00
4.7	40.00	40.00	53.33	66.67	73.33
23.7	40.00	46.67	53.33	66.67	86.67
47.3	60.00	60.00	80.00	86.67	100.00

En el cuadro 2 se observa la mortalidad que causó el insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic a diferentes dosis y diferentes tiempos de evaluación; a las 24 horas después de la exposición se aprecia un efecto claro del insecticida sobre las larvas de *S. frugiperda* bajo estudio; se observa que la dosis de 47.3 mg/gr presentó un 60 % de mortalidad, seguidas de 23.7 mg/gr y 4.7 mg/gr con mortalidades del 40 %, las dosis de 2.37 mg/gr y 0.47 mg/gr obtuvieron una mortalidad del 26.67 %, y la dosis más baja (0.047mg/gr) tuvo una mortalidad de un 6.67 %; al aplicarse la mezcla del insecticida junto con el coadyuvante sobre el dorso de las larvas, se apreció claramente como la mezcla lograba cubrir totalmente el cuerpo del insecto (Anexo 2), independientemente si la larva se movía o no. 48 hrs después de haber expuesto las larvas de *S. frugiperda* al insecticida, se observó que hubo un incremento en la mortalidad en las dosis de 2.37 mg/gr y 23.7 mg/gr con un porcentaje de 40 % y 46.67 % respectivamente, el resto de las dosis (47.3 mg/gr, 4.7 mg/gr, 0.47 mg/gr y 0.047 mg/gr) no presentó cambios en la mortalidad respecto a la evaluación anterior. Se analizó que las larvas muertas estaban en el proceso de muda al 4<sup>to</sup> estadio larval, las larvas vivas presentaban el cuerpo atrofiado con patas y pro-patas deshechas, ocasionándoles inmovilidad; así mismo presentaron parálisis maxilar impidiendo de esta manera que larva se siguiera alimentando de forma normal. A las 72 horas de iniciado el experimento se observó que la mortalidad se hacía más evidente, con un incremento en la mortalidad en la diversas dosis aplicadas, con una mortalidad de 13.33 % en la dosis mas baja y una mortalidad del

80 % en la dosis de 47.3 mg/gr; de igual forma la evaluación hecha a las 96 horas presentó un incremento en la mortalidad en las dosis de 0.47 mg/gr, 4.7mg/gr, 23.7 mg/gr y 47.3 mg/gr con 46.67 %, 66.67 %, 66.67 % y 86.67 % respectivamente. La evaluación hecha a las 120 horas determinó un incremento y estabilización de la mortalidad de larvas de *S. frugiperda* alcanzando la máxima mortalidad del 100 % en la dosis de 47.3 mg/gr; seguida de las dosis 23.7 mg/gr, 4.7 mg/gr, 2.37 mg/gr, con 86.67 %, 73.33 % y 60 % respectivamente. Las dosis mas bajas (0.47 mg/gr y 0.047 mg/gr) presentaron una mortalidad del 46.67 %. Respectivamente se determinó mediante un análisis Probit una DL<sub>50</sub> de 0.88 mg/gr (Cuadro 7); observándose que la mortalidad en las siguientes horas ya no se incrementó, y las larvas vivas restantes presentaron un retraso de 3 días para llegar a la fase de pupa en comparación con el testigo.

Cuadro 3. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por exposición a diferentes dosis del insecticida chlorantraniliprole por aplicación tópica.

Dosis (mg/gr)	Porcentaje de mortalidad					
	Horas					
	24	48	72	96	120	144
0.0	0	0	0	0	0	0
0.01	0	0	0	0	0	0
0.11	0	0	0	6.67	6.67	6.7
1.14	0	0	6.67	6.67	6.67	6.7
5.7	6.67	6.67	33.33	46.67	60.00	67.0
11.36	0	6.67	46.67	66.67	86.67	87.0
56.8	0	0	46.67	73.33	93.33	100.0

En el cuadro 3 se puede observar la mortalidad que causó el insecticida chlorantraniliprole a diferentes concentraciones incluidas en este experimento y en los diferentes tiempos de evaluación; a las 24 horas después de la exposición se aprecia que no hay un efecto claro del insecticida sobre las larvas de *S. frugiperda* bajo estudio; se observa mortalidad de 6.67 % en la dosis de 5.7 mg/gr. A las 48 hrs después de haber expuesto las larvas de *S. frugiperda* al insecticida, se observó un incremento del 6.67 % en la mortalidad en la dosis de 11.36 mg/gr, y la dosis de 5.7 mg/gr mantuvo el mismo porcentaje de mortalidad que 24 horas antes (6.67 %).

Como observación adicional, es importante señalar que en un principio, las larvas cambiaron a un color más oscuro y sus movimientos se vieron entorpecidos dificultando su alimentación (Anexo 3), esto concuerda con lo que menciona Yu (2008) que dice que chlorantraniliprole afecta rápidamente los músculos esqueléticos y cardiacos, causando una rápida cesación en la alimentación y en su movilidad, sin embargo no mostraban cese en la alimentación. A las 72 horas de iniciado el experimento se observó un incremento en la mortalidad con 6.67 %, y 33.33 % en las dosis 1.14 mg/gr y 5.7 mg/gr respectivamente, además de las dosis de 11.36 mg/gr y 56.8 mg/gr con una mortalidad de 46.67 %. Se observó una coloración más oscura en las larvas, la alimentación se vio interrumpida y el desarrollo de las larvas se vio afectado, en comparación con las larvas puestas en el testigo. 96 horas después de iniciado el experimento la mortalidad se incrementó en las dosis 0.11 mg/gr, 5.7 mg/gr, 11.36 mg/gr y 56.8 mg/gr, mientras que la dosis de 1.14 mg/gr se mantuvo en la misma mortalidad; para esta evaluación las larvas presentaban parálisis corporal y reflejos lentos. La evaluación hecha a las 120 horas reflejó un incremento en la mortalidad de larvas de *S. frugiperda* en las dosis altas alcanzando una máxima del 93.33 % en la dosis de 56.8 mg/gr, seguida de las dosis de 11.36 mg/gr y 5.7 mg/gr con un porcentaje de mortalidad de 86.67 % y 60 %, las dosis bajas no presentaron un incremento con 6.67 % de mortalidad en las dosis de 1.14 mg/gr y 0.11 mg/gr. A las 144 horas de establecido el experimento, la dosis mas alta (56.8 mg/gr) presentó un incremento en la mortalidad de *S. frugiperda* con un 100 %, seguida de un 87 %, y 67 % en las dosis de 11.36 mg/gr y 5.7 mg/gr respectivamente; mientras que en las dosis de 1.14 mg/gr y 0.11 mg/gr no se presentó un incremento en la mortalidad con un 6.67 % en ambas dosis. Mediante análisis Probit, se determinó una  $DL_{50}$  de 4.04 mg/gr (Cuadro 7); observándose que la mortalidad no se acrecentó en los siguientes días, sin embargo las larvas vivas en las dosis bajas presentaron un retraso en su desarrollo fisiológico de dos días en comparación con el testigo que pupó primero.

### Efecto de los tratamientos por vía ingestión

Cuadro 4. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por exposición a diferentes concentraciones del insecticida flubendiamide en dieta envenenada.

Concentración (ppm)	Porcentaje de mortalidad				
	Horas				
	24	48	72	96	120
0	0	0	0	0	0
0.01	0	0	0	0	0
0.1	0	0	0	0	0
1	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67
10	0	6.67	46.67	66.67	86.67
50	0	0	66.67	86.67	93.33
100	0	40	73.33	86.67	100

En el cuadro 4 se puede observar la mortalidad que causó el insecticida flubendiamide a diferentes concentraciones incluidas en este estudio y en los diferentes tiempos de evaluación; a las 24 horas después de la exposición se aprecia que no hay un efecto claro del insecticida sobre las larvas de *S. frugiperda* bajo estudio; sin embargo se observa que a 1 ppm se presentó un 6.67 % de mortalidad, la cual puede relacionarse con un mal manejo producto del desarrollo del bioensayo. Como una observación adicional, es importante señalar que en un principio, al instalar las larvas en los contenedores con el sustrato en mezcla con el insecticida, durante la evaluación del primer día después de la exposición, se apreció que todas las larvas se desplazaron hacia la parte superior del recipiente, lo que puede entenderse en principio como un efecto de repelencia al insecticida, aún cuando en la literatura no se encontró registro de este efecto. 48 hrs después de haber expuesto las larvas de *S. frugiperda* al insecticida, se observó que hubo un incremento del 6.67 % en la mortalidad en la concentración de 10 ppm y un 40 % en la concentración de 100 ppm; manteniéndose la mortalidad de igual forma en la concentración de 1 ppm. Se observó que los inmaduros bajo estudio comenzaron a desplazarse hacia el alimento mezclado con el insecticida y alimentarse aunque en poca cantidad. A las 72 hrs de iniciado el experimento se observó que la mortalidad se acentuaba, ya que a mayor concentración, la mortalidad también se incrementaba, hasta un 73.33 % en

la concentración mas alta (100 ppm); seguida de la concentración de 50 ppm, 10 ppm y 1 ppm con una mortalidad de 66.67 %, 46.67 % y 6.67 % respectivamente, se observó que las larvas expuestas presentaron parálisis corporal y/o su alimentación se vio interrumpida, lo que ocasionó su posterior muerte; coincidiendo con Tohnishi *et al.*, (2005) y Masaki *et al.*, (2006) quienes mencionan que el efecto del flubendiamide ocasiona una parálisis maxilar en las larvas. 96 hrs posteriores al inicio del bioensayo, la mortalidad de las larvas se incrementó en las dosis de 10 ppm, 50 ppm y 100 ppm, con una mortalidad respectiva de 66.67 %, 86.67 % y 86.67 %. La evaluación hecha a las 120 horas determinó un incremento y estabilización de la mortalidad de larvas de *S. frugiperda* alcanzando la máxima mortalidad del 100 % en la dosis de 100 ppm; seguida de las concentraciones de 50 ppm, 10 ppm y 1 ppm con un 93.33 %, 86.67 % y 6.67 % respectivamente, determinándose mediante un análisis Probit una CL<sub>50</sub> de 4.35 ppm (Cuadro 8); observándose que la mortalidad de la concentración de 1 ppm fue estable desde el inicio del bioensayo, no presentando ningún incremento durante el proceso de evaluación; además se observó durante el experimento, que las larvas no sufrieron cambio alguno en su proceso metamórfico, atrasándose su desarrollo fisiológico, permaneciendo en el primer estadio larval; en comparación al testigo, así como también se pudo observar que las dosis bajas (0.01 ppm, 0.1 ppm y 1 ppm) no presentaron mortalidad, sin embargo el desarrollo larval se vio afectado, pues este se prolongo un mayor tiempo; con respecto a las larvas colocadas en el testigo (0 ppm).

Cuadro 5. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por exposición a diferentes concentraciones del insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic en dieta artificial.

Concentración (ppm)	Porcentaje de mortalidad			
	Horas			
	24	48	72	96
0	0	0	0	0
0.01	33.33	46.67	93.33	100
0.1	46.67	60.00	93.33	100
1	53.33	66.67	93.33	100
10	60.00	73.33	100.00	100
50	73.33	86.67	100.00	100
100	80.00	100.00	100.00	100

En el cuadro 5 se observa la mortalidad que causó el insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic a diferentes concentraciones incluidas en este bioensayo y en los diferentes tiempos de evaluación; a las 24 horas después de la exposición se aprecia un efecto significativo del insecticida en mezcla con el coadyuvante sobre las larvas de *S. frugiperda* bajo estudio; teniendo una mortalidad de un 80 % en la concentración mas alta (100 ppm), y un 33.33 % de mortalidad en la concentración mas baja de 0.01 ppm; lográndose observar que las larvas se mantuvieron sobre el alimento mezclado con insecticida y coadyuvante, el cual no mostró efecto de repelencia hacia las mismas al no desplazarlas hacia alguna sección del recipiente que las contenía. 48 hrs después de haber expuesto las larvas de *S. frugiperda* al insecticida en mezcla, se observó que hubo un gran incremento en la mortalidad en todas las concentraciones; la concentración de 0.01 ppm alcanzó un 46.67 % de mortalidad, incrementándose a un 60 % en 0.1 ppm, la concentración de 1 ppm obtuvo un 66.67 % de mortalidad, seguidas las concentraciones de 10 ppm, 50 ppm y 100 ppm con una mortalidad respectiva de 73.33 %, 86.67 % y 100 %, determinándose mediante un análisis Probit una  $CL_{50}$  de 0.02 ppm (Cuadro 8); A las 72 hrs de iniciado el experimento se observó que la mortalidad fue acumulativa en el resto de las concentraciones, alcanzando un 93.33 % en las concentraciones de 0.01 ppm, 0.1 ppm y 1 ppm, las concentraciones de 10 ppm, 50 ppm y 100 ppm obtuvieron un 100 % de mortalidad.

El efecto acumulativo en la mortalidad se expresó aun mas a las 96 horas de exposición, ya que las concentraciones de 0.01 ppm, 0.1 ppm y 1 ppm obtuvieron el 100 % de mortalidad. Se consiguió la mortalidad en todas las concentraciones en comparación con el testigo que continuo con su desarrollo biológico normal. El sustrato en donde se encontraban expuestas las larvas al insecticida con la mezcla, mostró un daño insignificante, en contraste con el testigo donde el grado de alimentación era claramente representativo, favoreciéndoles a su desarrollo.

Cuadro 6. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) por exposición a diferentes concentraciones del insecticida chlorantraniliprole en dieta artificial envenenada.

Concentración (ppm)	Porcentaje de mortalidad			
	Horas			
	24	48	72	96
0	0	0	0	0
0.1	0	0	46.67	60
1	0	13.33	80.00	100.00
10	6.67	26.67	86.67	100.00
50	13.33	40.00	100.00	100.00
100	20.00	53.33	100.00	100.00
500	53.33	66.67	100.00	100.00

En el cuadro 6 se puede observar la mortalidad que causó el insecticida chlorantraniliprole a diferentes concentraciones incluidas en este experimento y en los diferentes tiempos de evaluación; a las 24 horas después de la exposición se aprecia que a 10 ppm se presentó un 6.67 % de mortalidad, mientras que la concentración de 50 ppm, 100 ppm y 500 ppm se obtuvo un 13.33 %, 20 % y 53.33 % de mortalidad respectivamente, en las concentraciones de 1 ppm, 0.1 ppm no se presentó mortalidad. A las 48 hrs de haber expuesto las larvas de *S. frugiperda* al insecticida, se observó que hubo un incremento en la mortalidad, en la concentración de 1 ppm se apreció un 13.33 % de mortalidad; incrementándose de igual manera en las concentraciones de 10 ppm, 50 ppm, 100 ppm y 500 ppm, con un 26.67 %, 40 %, 53.33 % y 66.67 % respectivamente. 72 hrs de iniciado el experimento se observó que la mortalidad se acrecentaba, ya que a mayor concentración, la mortalidad también se incrementó, hasta un 100 % en las concentraciones mas altas (500

ppm, 100 ppm y 50 ppm); seguida de la concentración de 10 ppm, 1 ppm y 0.1 ppm con una mortalidad de 86.67 %, 80 % y 46.67 % respectivamente, esto difiere con lo que indica Yu (2008) quien menciona que los insectos expuestos a chlorantraniliprole mueren a las 72 horas después de su exposición con el insecticida, lográndose estabilizar la mortalidad a este tiempo, llegando a un porcentaje de mortalidad del 100 % a las 96 hrs, determinándose mediante un análisis Probit una  $CL_{50}$  de 0.09 ppm (Cuadro 8). El efecto del insecticida chlorantraniliprole a las 96 horas de haber iniciado el bioensayo, ya que la concentración mas baja (0.1 ppm) obtuvo un 60 % de mortalidad, presentó un incremento en todas las concentraciones evaluadas, con un 60 % en la concentración de 0.1 ppm y un 100 % en las concentraciones de 1 ppm, 10 ppm, 50 ppm, 100 ppm y 500 ppm. El desarrollo biológico de las larvas sobrevivientes en la concentración de 0.1 ppm, sufrieron un mal desarrollo, ya que estas fueron afectadas en su desarrollo metamórfico, al no lograr pasar al segundo estadio larval, su alimentación se vio interrumpida y/o deficiente, aunque estas permanecían vivas, murieron días después por un efecto de inanición, al tomarse como referencia a las larvas colocadas como testigo en dieta sin insecticida y que se les aplicó solo agua, que cumplieron su ciclo biológico normal.

## Comparación de las técnicas de aplicación en cada producto

### Efecto de los tratamientos por contacto.

Cuadro 7: Ecuación de predicción,  $X^2$ , GL,  $CL_{50}$ ,  $CL_{95}$ , y Límites fiduciales de *Spodoptera frugiperda* por efecto de la exposición al insecticida flubendiamide, flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y chlorantraniliprole en aplicación por contacto.

Insecticida	Ecuación de predicción	$r^2$	$X^2$	GL	$CL_{50}$	Límites Fiduciales 95%		$CL_{95}$
						LI	LS	
Belt	$y=1.32882884+1.23198767(x)$	0.73	0.32	2	954.72	740.8	1250.52	20653.72
Mezcla	$y=3.97341638+0.80664186(x)$	0.53	0.34	3	18.73	12.86	26.49	2050.22
Coragen	$y=0.93238412+2.62371966(x)$	0.93	0.96	1	35.5	30.09	41.37	150.39

### Efecto de los tratamientos por ingestión.

Cuadro 8. Ecuación de predicción,  $r^2$ ,  $X^2$ , GL,  $CL_{50}$ ,  $CL_{95}$ , y Límites fiduciales de *Spodoptera frugiperda* por efecto de la exposición al insecticida flubendiamide, flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y chlorantraniliprole por vía ingestión.

Insecticida	Ecuación de predicción	$r^2$	$X^2$	GL	$CL_{50}$	Límites Fiduciales 95%		$CL_{95}$
						LI	LS	
Belt	$y=3.78719450+1.89769594(x)$	0.48	0.73	1	4.35	3.4	5.5	32.05
Mezcla	$y=5.48147641+0.28051205(x)$	0.69	0.11	3	0.02	0.0026	0.063	14038.9
Coragen	$y=5.63609172+0.62882157(x)$	0.48	0.32	1	0.097	0.031	0.19	40.19

En los cuadros 7 y 8 se muestra la comparación de la mortalidad del insecticida flubendiamide, flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y el insecticida chlorantraniliprole en las dos técnicas de aplicación (contacto e ingestión), puede verse claramente que en la aplicación por contacto con el insecticida flubendiamide se necesita una  $CL_{50}$  de 954.72 ppm, para matar el 50 % de la población de las larvas en comparación con la aplicación por ingestión, la  $CL_{50}$  es de 4.35 ppm, lo que representa una diferencia de 219.5 veces entre la  $CL_{50}$  de ambos tipos de aplicación; en la aplicación por ingestión, en la concentración mas alta (100 ppm), a las 72 horas el porcentaje de mortalidad fue superior con un 73.33 % de mortalidad en comparación con la aplicación tópica que alcanzó una mortalidad del 6.67 % en la aplicación por contacto en la misma concentración (100 ppm=4.7 mg/gr) (Cuadro 1 y 4). Claramente se observa un mejor efecto con el insecticida flubendiamide mediante aplicación por ingestión en comparación vía tópica, se puede observar a los 120 horas en la vía por ingestión en la concentración de 100 ppm una mortalidad del 100 % (Cuadro 4), en contraste con la aplicación tópica en esa misma concentración alcanzó una mortalidad del 6.67 % y una mortalidad del 13 % a las 144 horas, e incluso en la concentración mas alta (5000 ppm), presentó una mortalidad máxima del 80 % (Cuadro 1). El comparativo de la  $CL_{50}$  en ambos tipos de aplicación refleja que ésta puede alcanzarse en un lapso de tiempo menor en la vía por ingestión.

Lo correspondiente a la mortalidad de *S. frugiperda* con el insecticida flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic en aplicación tópica y e ingestión, se observa que la  $CL_{50}$  para matar al 50 % de la población en la dieta envenenada, la  $CL_{50}$  es de 0.02 ppm y en la aplicación tópica la  $CL_{50}$  es de 18.73 ppm, lo que representa una diferencia de 936.5 veces entre la  $CL_{50}$  de ambos tipos de aplicación, menor en la vía por ingestión. Claramente se observa que la  $CL_{50}$  se alcanza en la vía por ingestión a las 48 horas después de haber iniciado el experimento, con una concentración mas baja, en contraparte con la aplicación tópica que alcanzó la  $CL_{50}$  a las 120 horas (Cuadro 2 y 5).

El comparativo de las dos técnicas de aplicación del insecticida chlorantraniliprole sobre larvas de *S. frugiperda*, demostró un mejor efecto en la mortalidad, en la aplicación por vía ingestión, con una  $CL_{50}$  de 0.097 ppm, esta concentración es 365.9 veces menor que la  $CL_{50}$  obtenida en la aplicación tópica que fue de 35.5 ppm. Como puede observarse se requiere menos concentración de chlorantraniliprole para matar el 50 % de la población, menos tiempo y ejerce un mejor control mediante esta vía, sobre la aplicación tópica. Es importante señalar que a las 24 y 48 horas en vía por ingestión se observa un efecto claro del insecticida (Cuadro 6), lo que no se observó en la aplicación tópica (Cuadro 3), a las 72 horas la vía por ingestión presentó un 100 % en la mortalidad en la concentración de 50 ppm, 100 ppm y 500 ppm (Cuadro 6); mientras que en la aplicación tópica en las mismas concentraciones no alcanzó el 50 % de mortalidad (Cuadro 3).

El análisis completo de las dos técnicas de aplicación en cada uno de los ingredientes activos insecticidas sobre larvas de *S. frugiperda*, arrojó un mejor resultado del flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic en ambas vías de aplicación (Contacto e ingestión), seguido por el chlorantraniliprole por vía ingestión. Las dos técnicas de aplicación de los insecticidas son útiles en el control de este insecto plaga, sin embargo es claro que por vía ingestión el tiempo de exposición y la concentración necesario es menor, que la que se requiere por vía contacto.

## CONCLUSIONES

- La mezcla de flubendiamide mas el coadyuvante Dyne-Amic en aplicación tópica es 50 veces mas efectiva que flubendiamide aplicado solo y 1.9 veces mas efectiva que chlorantraniliprole.
- La mezcla de flubendiamide mas el coadyuvante Dyne-Amic por ingestión, es 217.5 veces mas efectiva que la aplicación de flubendiamide solo y 4.85 veces mas efectiva que chlorantraniliprole.
- El flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic muestra su efecto letal por contacto en *Spodoptera frugiperda* 6 veces más rápido que flubendiamide solo y 1.5 veces más rápido que chlorantraniliprole.
- El flubendiamide en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic muestra su efecto letal por ingestión en *Spodoptera frugiperda* 2.5 veces más rápido que flubendiamide solo y 1.5 veces más rápido que chlorantraniliprole.

## LITERATURA CITADA

- Akhurst, R. J. James, L. and Beard C. 2003. Resistance to the Cry1Ac  $\delta$ -Endotoxin of *Bacillus thuringiensis* in the Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 96 (4):1290-1299.
- Alen, 1983. Informe experimentos concluídos sobre *Spodoptera frugiperda*. Primavera. Archivo INISAV.
- Ali, M. I., Luttrell, S. and Young III. 2006. Susceptibilities of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Populations to Cry1Ac Insecticidal Protein. *Journal of Economic Entomology* 99(1):164-175.
- Andrews, K. L. 1988. Latin American Research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomol.* 71(4):630-53.
- Angulo, A. S., T. W. Olivares, Giselin. 2006. Estados Inmaduros de Lepidópteros Noctuidos de Importancia Económica, Agrícola y Forestal en Chile (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Universidad de Concepción, Gobierno de Chile. 154 pág.
- Bahena, J. F. 1998. Enemigos Naturales de Huevecillos y Larvas del Gusano Cogollero del Maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y Observaciones de Laboratorio en Morelos México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.
- Bautista, M. N. 2006. INSECTOS PLAGA. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. México 113 pág.
- Bruner, S. C y J. R. Deschappelles. 1965. La palomilla del maíz o gusano de la yerba y medios de combate. Estación Experimental Agronómica. Santiago de las Vegas. Habana, Cuba.
- Burd, A. D., Gould, F., Bradley, J.R., Van, D. J. W. and Moar, W.J. 2003. Estimated Frequency of Nonrecessive *Bt* Resistance Genes in Bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in Eastern North Carolina. *Journal of Economic Entomology* 96(1):137-142.
- Camacho C. O. 1990. PcProbit. Ver. 1.0. Colegio de postgraduados. Centro de Investigación y de estudios avanzados del I.P.N. México.
- Cifuentes, J. A. 1967. Oviposición del cogollero y daño de las larvas en plántulas de maíz y sorgo en invernadero. *Agricultura Técnica de México.* 2 (7)

- Corona, C. S. 2008. Propuesta de una clave taxonómica con uso del spinneret para identificar larvas de lepidópteros de importancia agrícola. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México
- Cowdey, C. C. 1923. The principal agricultural pest of Jamaica. Entomol. Bull. 3:18-20.
- Ebbinghaus-Kintscher, U., Lüemmen, P., Lobitz, N., Schulte, T., Funke, C., Fischer, R., Masaki, T., Yasokawa, N., and M. Tohnishi. 2006. Phthalic acid diamides activate ryanodine sensitive Ca<sup>2+</sup> release channels in insects. Cell Calcium 39 (1): 21-33.
- Ebbinghaus-Kintscher H.-J. Schnorbach and A. Elbert. 2007a. Field development of flubendiamide (Belt®, Fame®, Fenos®, Amoli®)— a new insecticide for the control of lepidopterous pests. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 60 (2): 219-246.
- Ebbinghaus-Kintscher, U., Lüemmen, P., Raming, K., Masaki, T. and N. Yasokawa. 2007b. Flubendiamide, the first insecticide with a novel mode of action on insect ryanodine receptors. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. 60 (2): 117-140.
- García R., J. L. 1975. Revisión bibliográfica de las plagas de maíz, arroz y sorgo en Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Sin paginación (multigrafiado ).
- [http://www.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Belthospocatapp\\_Agro/\\$file/Belt.pdf](http://www.bayercropscience.com/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Belthospocatapp_Agro/$file/Belt.pdf)
- [Http://www2.dupont.com/Coragen/es\\_MX/assets/downloads/Carpeta\\_Pacifico.pdf](Http://www2.dupont.com/Coragen/es_MX/assets/downloads/Carpeta_Pacifico.pdf)
- <Http://www.labza.com.ar/descargas/Coadyuvantes.pdf>
- <Http://pearl snaps ponderings.wordpress.com/2011/07/29/forage-facts-fall-armyworms-in-my-pasture/>
- <Http://www.pro-agro.com.mx/prods/bayer/bayer28.htm>.
- [Http://www.siafeg.com/Estudios%20de%20Riesgo/Estudios/Estudio\\_GusCog.htm](Http://www.siafeg.com/Estudios%20de%20Riesgo/Estudios/Estudio_GusCog.htm)
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2010. In: <Http://www.IRAC-online.org>.
- Jenden, D. J. & Fairhurst, A.S. (1969). The pharmacology of ryanodine. Pharmacol. Rev., 21, 1-25

- Labrador., J. 1967. Estudios de biología y combate del gusano cogollero del maíz *Laphygma frugiperda* (S. & A.). Fac. De Agronomía. Universidad del Zulia. (MARACAIBO). 83 Pp.
- Luginbill, P. 1928. The fall armyworm. USDA.Tech.Bull. 34:92
- Lümmen, P., U. Ebbinghaus-Kintscher, C. Funke, R. Fischer, T. Masaki, N. Yasokawa, and M. Tohnishi. 2007. Phthalic acid diamides activate insect ryanodine receptors In: Synthesis and Chemistry of Agrochemicals VII, eds: John W. Lyga and George Theodoridis, ACS Symposium series 948, American Chemical Society, Washington, DC, USA.
- Masaki, T., N. Yasokawa, M. Tohnishi, T. Nishimatsu, K. Tsubata, K. Inoue, K. Motoba, T. Hirooka. 2006. Flubendiamide, a Novel Ca<sup>2+</sup> Channel Modulator, Reveals Evidence for Functional Cooperation between Ca<sup>2+</sup> Pumps and Ca<sup>2+</sup> Release. *Mol. Pharmacol.* 69(5):1733-1739
- Metcalf, C. R. y Flint. 1965. Insectos destructivos e insectos útiles. Primera Edición Española. España.
- Montes, M. J. A., P. N. Espinoza, R. E. Garrido y M. F. A. Gutiérrez. 2001. Reproducción del Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.) del Maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de Laboratorio. IX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. II Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Veracruz, México.
- Negrete B. F. y A. J. Morales. 2003. El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* Smith). *Corpoica*. Colombia 26 pág.
- Nishimatsu, T., T. Hirooka, H. Kodama, M. Tohnishi, and A. Seo. 2005. Flubendiamide a new insecticide for controlling lepidopterous pests *Proc. BCPC Internat. Cong. Crop Science and Technology*, Farnham, Surrey, UK, 2A-3, pp. 57-64.
- Norwegian Scientific Committee on Food Safety. 2010. Evaluation of the plant protection product Coragen 20 SC Cloranthraniliprole. Regarding application for authorization. In: [http:// www.vkm.no/dav/1bddb1b125.pdf](http://www.vkm.no/dav/1bddb1b125.pdf).
- Ortega, C. A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F. 106 Pág.
- Pashey D. P.1988. Current status of armyworm host strains. *Florida Entomol.* 71(3):227-34.
- Peterson, A. L. 1962. Larvae of insects. An introduction to nearctic species. Part-I Lepidoptera an plant infesting Hymenoptera. Columbus, Ohio. 315 Pág.

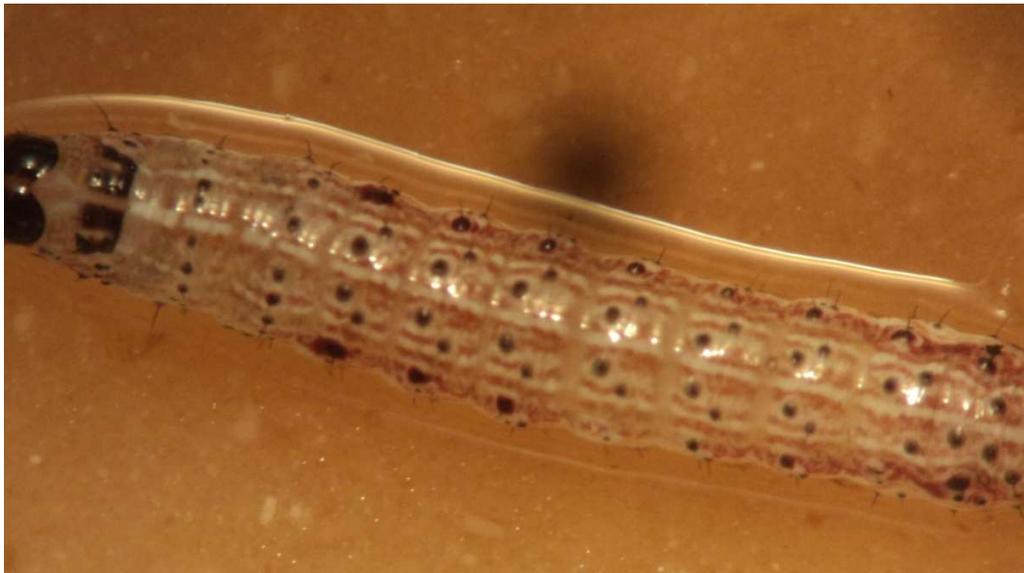
- Popov, P y M. A. Reinés. 1975. Estudio de los daños ocasionados por el gusano *S. frugiperda* (Smith y Abbott) sobre el maíz (*Zea mays*). Ciencias, Serie II San. Veg. Universidad de la Habana. Cuba.
- Puente, E., M. M. Suner, A. D. Evans, A. R. McCaffery and J. D. Windass. 2000. Identification of a polymorphic ryanodine receptor gene from *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Insect Biochem. Mol. Biol. 30:335-347
- Raulston, J. N., S. D. Pair; A. N. S. Parks, J. Luera; F. A. Pedraza; J. Pérez M; R. Rodríguez; H. Carrillo; R. Archundia and F. Herrera. 1986. Fall armyworm distributions and population dynamics in the Texas-Mexico. Gulf Coast Area. Florida Entomol. 69:455-68.
- S. A. R. H. 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo del maíz. Dirección de sanidad vegetal. México. 87 pág.
- Schmitt, M., A. Turberg, M. Londershausen. 1997. Characterization of a ryanodine receptor in *Periplaneta Americana* J. Recept. Signal Transduction Res. 17:185-197.
- Silva-Aguayo, G., Rodríguez- Maciel, J. C., Lagunes-Tejeda, A. Landeral-Cázares, C., Alatorre-Rosas, R., A.M. Shelton, and C. A. Blanco. 2010. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae)
- Smith, W. G. 1919. List of the insects and mites pests of sugarcane in Porto Rico. Journal Dep. Agric. Porto Rico. 3(4):135-50.
- Sutko, J. L., J. A. Airey, W. Welch, L. Ruest. 1997. The Pharmacology of Ryanodine and Related Compounds Pharmacol. Rev. 49(1): 53-98
- Terän, J. 1980. Lista preliminar de Hymenoptera parásitos de otros insectos en Venezuela. Rev. Fac. Agron. (MARACAY), 11 (1-4): 283-389.
- Triplehorn C. A. and N. F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7<sup>th</sup> edition. Thompson Brooks/Cole. USA pág 865.
- Tohnishi, M. H. Nakao, T. Furuya, A. Seo, H. Kodama, K. Tsubata, S. Fujioka, H. Kodama, T. Hirooka, and T. Nishimatsu. 2005. Flubendiamide, a novel insecticide highly active against Lepidopterous insect pests J. Pestic. Sci. 30(4): 354-360
- Usherwood, P. N., H. Vais. 1995. Towards the development of ryanoid insecticides with low mammalian toxicity Toxicol. Lett. 82-83, 247-54.

- Van Dine, D. L. 1913. The insects affecting sugarcane in Porto Rico. *Journ. Econ. Entomol.* 6(2):251-57.
- Waterhouse, A. L., I. N. Pessah, A. O. Francini, and J. E. Casida. 1987. Structural aspects of ryanodine action and selectivity *J. Med. Chem.* 4:710-716.
- Yu, S. J. 2008. *The toxicology and Biochemistry of Insecticides.* Boca Raton FL.USA. pág. 276.
- Xu, X., M. B. Bhat, M. Nishi, H. Takeshima, J. Ma. 2000. Molecular Cloning of cDNA Encoding a *Drosophila* Ryanodine Receptor and Functional Studies of the Carboxyl-Terminal Calcium Release Channel *Biophys. J.* 78:1270-1281.
- Zapata, A. F. N. y C. Fabricio. 2010. BELT®, innovación para el manejo integrado de *Spodoptera spp.* (Lepidoptera: Noctuidae) en algodón (*Gossypium hirsutum*). En Memorias del XXXVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), Bogotá, Colombia.

## ANEXOS



Anexo 1: Larvas de *S. frugiperda* afectadas con el insecticida flubendiamide.



Anexo 2: Mezcla de flubendiamide con el coadyuvante Dyne-Amic cubriendo totalmente el cuerpo de la larva de *S. frugiperda*.



Anexo 3: Movimientos entorpecidos en larvas de *S. frugiperda* por efecto del chlorantraniliprole.



Anexo 4: Larva afectada por el insecticida chlorantraniliprole.



Anexo 5: Crecimiento atrofiado de la larva de *S. frugiperda* por efecto del chlorantraniliprole.



Anexo 6: Gota del insecticida flubendiamide sobre el dorso de *S. frugiperda*.



Anexo 7: Comparación de larvas del Testigo (izquierda) vs chlorantraniliprole (derecha) en dieta.



Anexo 8: Comparación de larvas de *S. frugiperda*, Testigo (izquierda) vs flubendiamide (derecha) por vía ingestión.



Anexo 9: Larvas de *S. frugiperda* en comparación con el Testigo (derecha) y flubendiamide (izquierda) a 0.01 ppm en dieta envenenada.



Anexo 10: Larva afectada por flubendiamide en mezcla con Dyne-Amic a 0.1 ppm en aplicación tópica.



Anexo 11: Comparación del Testigo (izquierda) vs flubendiamide (derecha) a 0.01 ppm por vía contacto.



Anexo 12: Comparación del Testigo (pupa) vs flubendiamide (larva tercer estadio) a 0.01 ppm por vía contacto.



Anexo 13: Larvas de *S. frugiperda* en comparación del testigo (arriba) vs flubendiamide (abajo) a 50 ppm.



Anexo 14: Larvas de *S. frugiperda* en comparación del testigo (izquierda) vs flubendiamide (derecha) a 100 ppm.

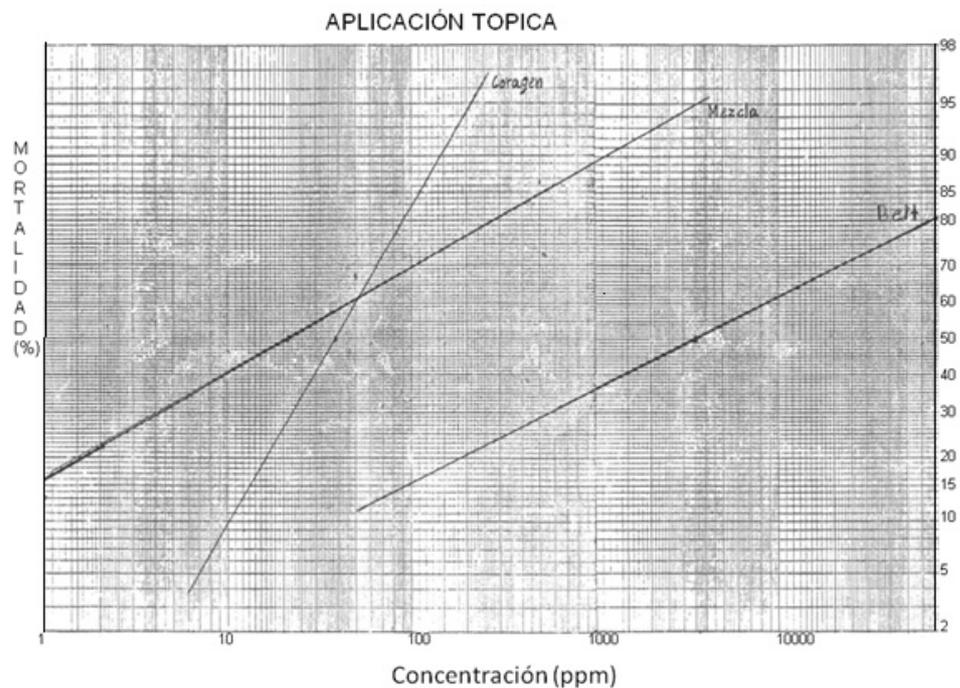


Anexo 15: Comparación de larvas de *S. frugiperda*, Testigo (izquierda) vs flubendiamide (derecha) en mezcla con Dyne-Amic a 50 ppm en vía contacto.

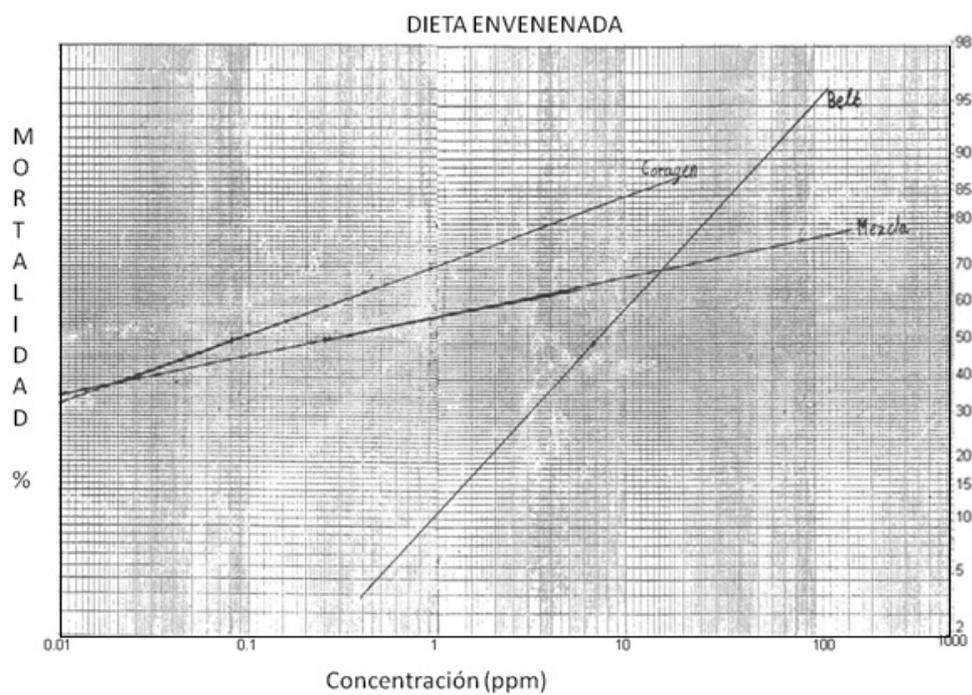


Anexo 16: Comparación de larvas de *S. frugiperda*, testigo (pupa) vs flubendiamide (Larva del 6º estadio) en mezcla con Dyne-Amic a 50 ppm en vía contacto.

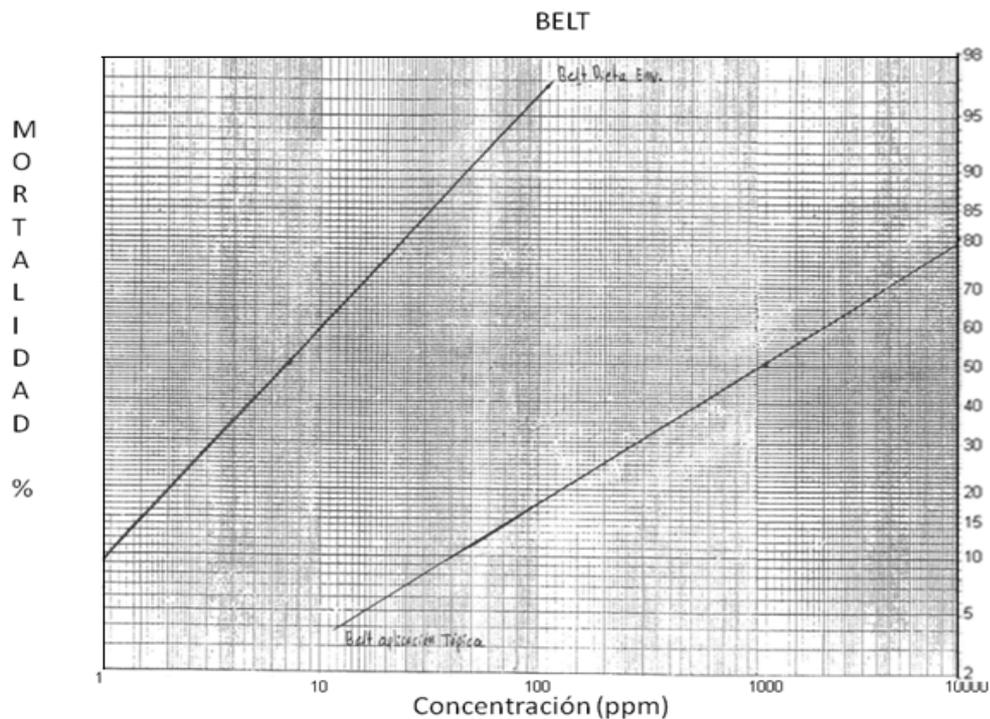
Anexo 17: Líneas de respuesta concentración-mortalidad en larvas de *S. frugiperda* a los insecticidas Belt, Belt en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y Coragen en aplicación tópica.



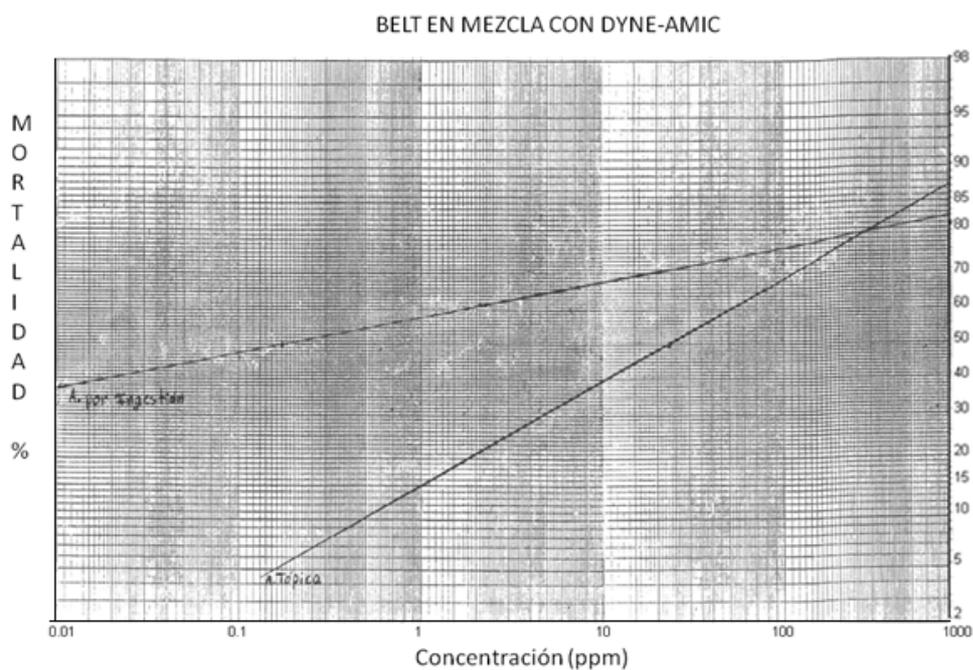
Anexo 18: Líneas de respuesta concentración-mortalidad en larvas de *S. frugiperda* a los insecticidas Belt, Belt en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic y Coragen en dieta envenenada.



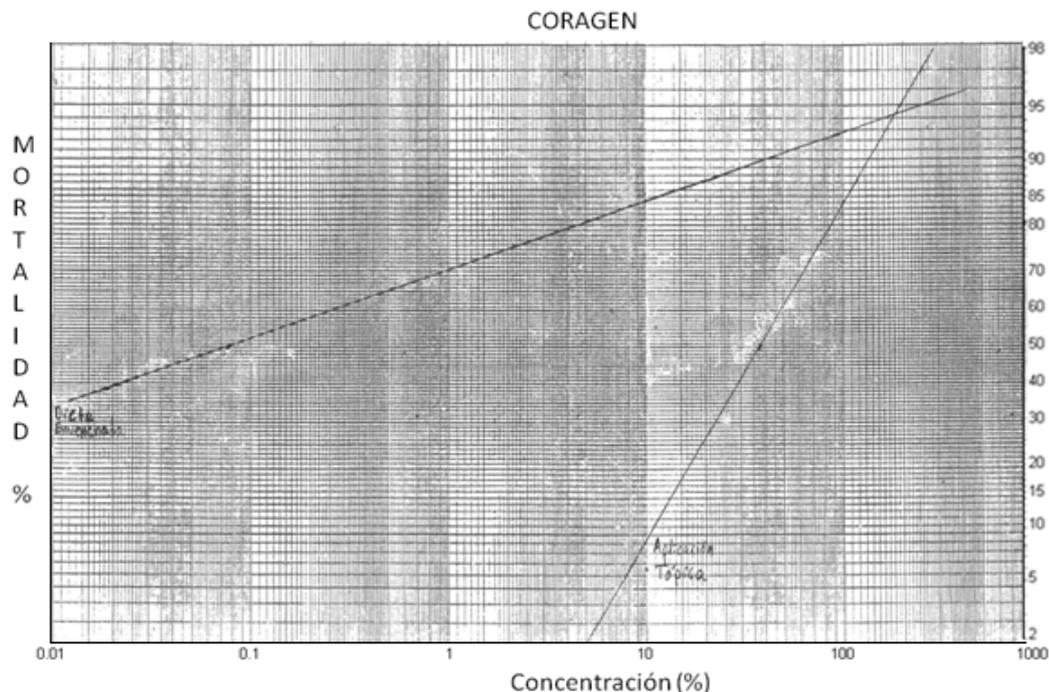
Anexo 19: Líneas de respuesta concentración-mortalidad en larvas de *S. frugiperda* al insecticida Belt en dieta envenenada y aplicación tópica.



Anexo 20: Líneas de respuesta concentración-mortalidad en larvas de *S. frugiperda* al insecticida Belt en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic en dieta envenenada y aplicación tópica.



Anexo 21: Líneas de respuesta concentración-mortalidad en larvas de *S. frugiperda* al insecticida Coragen en dieta envenenada y aplicación tópica.



Anexo 22: Mortalidad de larvas (L1) de *Spodoptera frugiperda* por exposición a diferentes concentraciones del insecticida Belt al 5º día de evaluación en dieta envenenada.

Concentración ppm	Numero de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida	Mortalidad Esperada
	Expuestos	Vivos	Muertos				
Testigo (0)	15	15	0	100	0		
0.01	15	14	1	93.33	6.67	6.67	10
0.1	15	14	1	93.33	6.67	6.67	18
1	15	14	1	93.33	6.67	6.67	37.5
10	15	2	13	13.33	86.67	86.67	63
50	15	1	14	6.67	93.33	93.33	82.5
100	15	1	15	6.67	100.00	100.00	88

Anexo 23: Mortalidad de larvas (L1) de *Spodoptera frugiperda* por exposición a diferentes concentraciones del insecticida Belt en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic al 2º día de evaluación en dieta envenenada.

Concentración ppm	Numero de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida	Mortalidad Esperada
	Expuestos	Vivos	Muertos				
Testigo (0)	15	15	0	100	0		
0.01	15	8	7	53.33	46.67	46.67	52
0.1	15	6	9	40.00	60.00	60.00	55
1	15	5	10	33.33	66.67	66.67	53
10	15	4	11	26.67	73.33	73.33	75
50	15	2	13	13.33	86.67	86.67	82
100	15	1	15	6.67	100.00	100.00	86

Anexo 24: Mortalidad de larvas (L1) de *Spodoptera frugiperda* por exposición a diferentes concentraciones del insecticida Coragen al 3º día de evaluación en dieta envenenada.

Concentración ppm	Numero de Individuos			Porcentaje	Porcentaje	Mortalidad	Mortalidad
	Expuestos	Vivos	Muertos	Supervivencia	Mortalidad	Corregida	Esperada
Testigo (0)	15	15	0	100	0		
0.1	15	8	7	53.33	46.67	46.67	66
1	15	3	12	20.00	80.00	80.00	68
10	15	2	13	13.33	86.67	86.67	74
50	15	0	15	0.00	100.00	100.00	82
100	15	0	15	0.00	100.00	100.00	84
500	15	1	15	6.67	100.00	100.00	90

Anexo 25: Mortalidad de larvas (L3) de *Spodoptera frugiperda* por exposición a diferentes concentraciones del insecticida Belt al 6º día de evaluación en aplicación tópica.

Dosis mg/gr	Numero de Individuos			Porcentaje	Porcentaje	Mortalidad	Mortalidad
	Expuestos	Vivos	Muertos	Supervivencia	Mortalidad	Corregida	Esperada
Testigo (0.0)	15	15	0	100.00	0.00		
0.47	15	15	0	100.00	0.00	0.00	9
2.37	15	15	0	100.00	0.00	0.00	19
4.7	15	13	2	86.67	13.33	13.33	25
23.7	15	11	4	73.33	26.67	26.67	40
47.3	15	6	9	40.00	60.00	60.00	48
236.7	15	1	12	6.67	80.00	80.00	64

Anexo 26: Mortalidad de larvas (L3) de *Spodoptera frugiperda* por exposición a diferentes concentraciones del insecticida Belt en mezcla con el coadyuvante Dyne-Amic al 5º día de evaluación en aplicación tópica.

Dosis mg/gr	Numero de Individuos			Porcentaje	Porcentaje	Mortalidad	Mortalidad
	Expuestos	Vivos	Muertos	Supervivencia	Mortalidad	Corregida	Esperada
Testigo (0.0)	15	15	0	100	0		
0.047	15	13	2	86.67	13.33	13.33	23
0.47	15	8	7	53.33	46.67	46.67	29
2.37	15	6	9	40.00	60.00	60.00	54.5
4.7	15	4	11	26.67	73.33	73.33	60
23.7	15	2	13	13.33	86.67	86.67	77
47.3	15	1	15	6.67	100.00	100.00	87

Anexo 27: Mortalidad de larvas (L3) de *Spodoptera frugiperda* por exposición a diferentes concentraciones del insecticida Coragen al 6º día de evaluación en aplicación tópica.

Dosis mg/gr	Numero de Individuos			Porcentaje	Porcentaje	Mortalidad	Mortalidad
	Expuestos	Vivos	Muertos	Supervivencia	Mortalidad	Corregida	Esperada
Testigo (0.0)	15	15	0	100	0		
0.01	15	15	0	100	0	0	16
0.11	15	14	1	93.33	6.67	6.67	24
1.14	15	14	1	93.33	6.67	6.67	49
5.7	15	6	9	40.00	60.00	60.00	56
11.36	15	2	13	13.33	86.67	86.67	63
56.8	15	1	14	6.67	93.33	93.33	76