

Resistência de *Spodoptera frugiperda* Smith aos inseticidas abamectina, alfacipermetrina, tiodicarbe e bifentrina

Resistance of *Spodoptera frugiperda* Smith to the insecticides abamectin, alphacypermethrin, thiodicarb and bifenthrin

DOI: 10.34188/bjaerv6n3-038

Recebimento dos originais: 05/05/2023

Aceitação para publicação: 30/06/2023

Joselyn Nieves Contreras Chacha

Ingeniera Agrónoma por la Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador
Técnica Agrícola Independiente
Correo electrónico: joselyncontreras@hotmail.com

Pedro Emilio Cedeño Loja

Doctorado en Entomología por la Universidad Federal de Vicosa, Brasil
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: pcedenol@utb.edu.ec

Cristhian Abdon Cargua Vivas

Magister en Agronomía Mención en Manejo de Suelos para la Producción Agrícola por la Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador
INTEROC S.A.
Urdesa Central, calle tercera 401 y Dátiles. Guayaquil, Ecuador
Correo electrónico: CristhianCargua@icloud.com

Joffre Galo Alvarado Gastesi

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Técnica de Babahoyo. Ecuador
Técnico Agrícola Independiente
Correo electrónico: alvaradogastesijoffre@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho de pesquisa foi determinar a linha básica de resistência de *Spodoptera frugiperda* (Smith) aos inseticidas alfacipermetrina, tiodicarbe, bifentrina e abamectina, por meio de bioensaios de suscetibilidade e da seleção de populações de larvas de terceiro instar. A pesquisa foi realizada no Laboratório de Entomologia da Faculdade de Ciências Agrícolas da Universidade Técnica de Babahoyo, localizada no km 7,5 da estrada Babahoyo-Montalvo. Foram usados quatro inseticidas de diferentes grupos químicos. Os produtos foram aplicados no protórax das larvas em soluções estoque e dosagens para cada inseticida, com um tempo máximo de avaliação de 96 horas. Foram usadas oito concentrações para cada insumo, variando de 0,0 a 7 ug/larva, respectivamente. A resposta do grupo de larvas (controle) foi medida apenas com alimentação. A seleção do material biológico foi feita durante uma única geração de larvas. Concluiu-se que, para o inseticida tiodicar, a DL50 foi de 2,00067; para o inseticida alfacipermetrina, a DL50 obtida foi de 0,320884; para o inseticida abamectina, a DL50 foi de 1,70342 e para o inseticida bifentrina, a DL50 foi de 0,864843. Todas as populações usadas em todos os grupos químicos testados tiveram 100% de mortalidade com as concentrações mais altas no controle 24 horas após a aplicação, enquanto as colônias selecionadas com as concentrações mais baixas não excederam 16% de mortalidade. O controle teve uma média de 2,32% de mortalidade no mesmo período. A DL50 variou de 2,3 vezes a dose comercial. Os altos níveis de

controle indicam que as larvas do inseto não possuem mecanismos de resistência a esses grupos de inseticidas no momento, por isso devem ser implementadas estratégias de manejo de resistência em *S. frugiperda*.

Palavras-chave: Resistência, inseto praga, dose, mortalidade, controle.

ABSTRACT

The objective of this research work was to determine the basic line of resistance of *Spodoptera frugiperda* (Smith) to alfacipermethrin, thiodicarb, bifetrin and abamectin insecticides, with the performance of susceptibility bioassays and the selection of populations of third instar larvae. The research was carried out at the Entomology Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located at Km. 7.5 of the Babahoyo-Montalvo road. Four insecticides of different chemical groups were used. The products were applied in the prothorax of the larvae in stock solutions and dosages for each insecticide, with a maximum evaluation time of 96 hours. Eight concentrations were used for each input, which ranged from 0.0-7 ug/larva, respectively. The response of the larvae group (control) with feeding only was measured. The selection of the biological material was done during a single larval generation. It was concluded that for the insecticide thiodicarb the LD50 was 2.00067; for the insecticide alphacypermethrin the LD50 obtained was 0.320884; for the insecticide abamectin the LD50 was 1.70342 and for the insecticide bifenthrin the LD50 was 0.864843.1. All the populations used in all the chemical groups tested had mortalities of 100 % with the highest concentrations in the control at 24 hours after application, while the colonies selected with the lowest concentrations did not exceed 16 % mortality. The control had averages of 2.32% mortality at the same time. The LD50 ranged from 2.3 times the commercial dose. The high levels of control indicate that the larvae of the insect do not have resistance mechanisms to these groups of insecticides, for this reason strategies for resistance management in *S. frugiperda* should be implemented.

Keywords: Resistance, insect pest, dose, mortality, control.

1 INTRODUCCION

Spodoptera frugiperda tiene su origen en los trópicos del continente americano, incluyendo las islas del Caribe y del Pacífico. Se considera ampliamente distribuido en este continente, y se ha reportado su existencia en Canadá, Estados Unidos, México, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panamá, Costa Rica, Colombia, Venezuela, Guyana, Ecuador, Perú, Chile, Brasil, Jamaica, Bolivia, Argentina, entre otros (Yu, 2017).

Las larvas pueden alimentarse de 28 especies vegetales cultivadas, entre las cuales se destacan el maíz, el sorgo, el arroz, la soya, el tomate de huerta, la caña de azúcar, el ajonjolí, el maní, el melón y el girasol. Prefiere para su alimentación a las gramíneas, cultivadas o no, pero causa pérdidas elevadas a otros cultivos, cuando sus poblaciones logran altos niveles durante las épocas de sequía (Mejía, 2016).

Los huevos tienen forma de cúpula; la base se aplana y ampliamente redondeado en el ápice. Las medidas que presenta son alrededor de 0,4 mm de diámetro y 0,3 m de altura (Martínez *et al.*, 2014).

El número de huevos por masa varía considerablemente, pero a menudo es de 100 a 200. Los huevos se depositan a veces en capas, pero la mayoría de los huevos se extiende sobre una única capa unidas al follaje. También deposita una capa de escamas grisáceas entre los huevos y sobre la masa de huevos, impartiendo un aspecto peludo o mohoso. La duración de la fase de huevo es sólo de dos a tres días (Georghiou y Mellon, 2015).

El color de las larvas varía según el alimento, aunque en general son pardo oscuras, con tres rayas pálidas longitudinales. En la parte frontal de la cabeza se distingue una “Y” blanca invertida (Naveed, 2012).

Las larvas pasan por 6 ó 7 estadíos o mudas, siendo de mayor importancia para tomar las medidas de control los dos primeros; en el primero estas miden hasta 2-3 milímetros y la cabeza es negra completamente, el segundo mide de 4-10 milímetros y la cabeza es carmelita claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35 milímetros en su último estadío. A partir del tercer estadío se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones que son apreciados cuando la hoja se abre o desenvuelve (Pérez, 2018).

El estado de pupa tiene lugar normalmente en el suelo, a una profundidad de 2 a 8 cm. La larva construye un capullo suelto, de forma ovalada y de 20 a 30 mm de longitud, atando las partículas de suelo con la seda. Si el suelo es demasiado duro, las larvas pueden juntar los restos de hojas y otros materiales para formar un capullo en la superficie del suelo. La pupa es de color marrón rojizo, y mide de 14 a 18 mm de longitud y aproximadamente 4,5 mm de anchura, la duración de la fase de pupa es de aproximadamente ocho a nueve días (Sosa, 2017).

El adulto es una polilla que tiene una envergadura de 32 a 40 mm. En el adulto macho, el ala anterior generalmente sombreada de color gris y marrón, con manchas blancas en la punta triangular y cerca del centro del ala. Las alas delanteras de las hembras son menos marcadas, que van desde un color marrón grisáceo uniforme a un moteado de gris y marrón. El ala posterior es de color blanco plateado con un borde estrecho y oscuro iridiscente en ambos sexos (Gamarra, 2022).

Las larvas comienzan a alimentarse ocasionando los primeros daños en el haz o envés de las hojas de las plántulas de maíz, sin llegar a perforarlas. Estos daños tienen la apariencia de manchas blancas dispersas en la superficie de las hojas (Diez y Omoto, 2015).

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 a las de mayor edad un crecimiento anormal (IICA, 2018).

Generalmente en cada planta se encuentra una larva; debido a que en los estadios avanzados manifiesta hábitos caníbales. Sin embargo, es posible encontrar de dos a tres larvas de tamaño mediano por planta. La larva no sólo puede dañar las hojas y el cogollo, sino que puede alimentarse

de la inflorescencia masculina y femenina, del choclo, de las hojas que envuelven a la mazorca (brácteas) y causar perforaciones en el tallo (INIAP, 2018).

Este insecto plaga también puede actuar como gusano trazador, cortando el tallo de las plántulas a nivel del suelo, o como gusano ejército destruyendo el sistema foliar en plantas desarrolladas (Martínez *et al.*, 2014).

Los niveles de daño están asociados a un tamaño de larva menor a 1,5 cm momento en el cual la larva se encuentra en general comiendo sobre la hoja expandida, permitiendo ser alcanzada con la aplicación del insecticida. Daños más severos, son ocasionados por larvas mayores a 1,5 cm las cuales se ubican en el cogollo y se tapan con el aserrín de sus desechos, imposibilitando la llegada del insecticida a la misma (Atrónico, 2013).

Según Jaramillo (2015), el efecto de *S. frugiperda* sobre el rendimiento aumenta progresivamente con el crecimiento del cultivo, siendo la etapa de los 60 días después de la germinación la más crítica en el cultivo de maíz.

El fenómeno de la resistencia, es decir, el desarrollo de la resistencia de los artrópodos a los plaguicidas tuvo un inicio y un progreso paulatino desde el inicio del siglo XX. El problema de la resistencia ha ocasionado pérdidas tanto económico (búsqueda de los plaguicidas de mayor potencia y usualmente más cara), como humano, ya que la mayoría de los países pobres (por ejemplo, en África) no cuentan con los recursos económicos suficientes para adquirir las nuevas generaciones de los pesticidas (León *et al.*, 2012).

Se requiere el estudio del manejo de la resistencia y todavía, de mayor relevancia, el uso de los métodos alternativos de combate de las plagas agrícolas y los vectores de las enfermedades humanas y los animales domésticos. Dentro de estos métodos alternativos, el control biológico que es un método ambientalmente amigable y también el manejo integral de plagas (MIP) constituyen parte del arsenal al servicio del hombre que puedan apoyar a solucionar y/ mitigar el impacto de las plagas y los vectores. Estos dos métodos son compatibles con los principios del manejo racional de los recursos y consecuentemente, son congruentes con el desarrollo sustentable (Badii, 2017).

Después de realizar un muestreo en el campo y determinar valores iguales o mayores del umbral económico se debe ejecutar una medida de control; las prácticas culturales que consisten en manipulaciones que influyen en el medio ambiente de las plagas, figuran entre algunos de los controles más efectivos que se disponen (Rojas y Malo, 2014).

Varios insecticidas están registrados para el control *S. frugiperda* en los diversos cultivos. Numerosas fallas en los tratamientos en cultivos desarrollados se deben a controles tardíos con orugas de gran tamaño y resistencia, protegidos de la acción directa de los plaguicidas. Los tratamientos tempranos, con larvas chicas y la buena calidad de las aplicaciones generando gotas

pequeñas con la finalidad de ingreso en el cogollo, tanto terrestres como aéreas, son esenciales para un buen control de esta plaga (Flores, 2010).

La primera reacción del agricultor cuando un insecticida pierde su efectividad es incrementar la dosis y frecuencia de aplicación, lo que trae como resultado el aumento del costo directo en el control de plagas a la vez que tienden a incrementarse los niveles de resistencia (FAO, 2018).

Se define resistencia como un cambio heredable en la sensibilidad de la población de una plaga que se refleja en repetidos fallos de eficacia del producto al ser usado de acuerdo a las recomendaciones de la etiqueta para esa plaga (Meneses, 2018).

La resistencia cruzada es el mecanismo por el cual un gen simple confiere resistencia a un número de químicos del mismo grupo. Esto se observa cuando una plaga ha sido controlada con insecticidas de la familia de organoclorados a los que emerge la resistencia y posteriormente se cambia a insecticidas piretroides, los cuales presentan un modo de acción similar a los organoclorados por lo que también se presenta resistencia a esta familia química de insecticidas (Santos *et al.*, 2015).

La resistencia múltiple se presenta cuando una población adquiere resistencia a varios insecticidas, tanto aquellos que han sido aplicados como a otros que no han sido aplicados. En este caso la población posee varios mecanismos de resistencia de forma simultánea, lo anterior indica que los genes de resistencia ya se encuentran de antemano en la población (Pacheco, 2018).

2 METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, que se encuentra en el Km 7.5 de la vía Babahoyo – Montalvo con coordenadas geográficas 79° 32' de longitud Sur y 1° 49' Latitud Oeste. La temperatura media anual es de 25,4 °C, con una precipitación de 2329 mm y humedad relativa de 82%. Los factores que se estudiaron fueron los siguientes: Larvas del tercer instar de *Spodoptera frugiperda* y Dosis de los insecticidas abamectina, alfa cipermetrina, thiodicarb y bifentrin.

Los materiales que se utilizaron en el laboratorio para el trabajo de investigación fueron caja Petri, papel para etiquetado, alfileres entomológicos con cabeza de plástico, pipeta volumétrica, pipeta, algodón, pinzas entomológicas para extraer las larvas, frascos de plástico de 14 onzas, tela organza, probetas graduadas, gotero, jeringuillas para aplicar insulina, balanza, vaso de precipitación, tubos de ensayo.

El bioensayo se inició con las siguientes dosis de los cuatro insecticidas antes mencionados:

Tabla 1. Tratamientos aplicados

Tratamientos	
Insecticidas	Dosis ug/larva
Abamectina	100
Alfacipermetrina	100
Thiodicarb	150
Bifentrin	100

Luego de haber utilizado las dosis que se mencionaron anteriormente, de acuerdo a los resultados que se obtuvieron se fue intercalando varias dosis no programadas, hasta lograr diferencias no mayores a 15% de mortalidad entre una dosis a otra.

La presente investigación por tratarse de un bioensayo donde se pretende mostrar la respuesta de cada uno de los tratamientos aplicados, se empleó la estadística cuantil. Los resultados que se obtuvo fueron analizados por el Método de Probit, esta fórmula se basa se basa en funciones matemáticas lineales de carácter práctico extraído de estudios experimentales.

La función de probabilidad permite determinar el porcentaje de la población expuesta que se verá afectada determinando el nivel de lesiones y por muerte a causa de exposición determinada.

La obtención de larvas de *S. frugiperda* se inició con la recolecta de masa de huevos en los cultivos de maíz y arroz ubicados en los predios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y sectores cercanos.

Los huevos se colocaron en cajas Petri conteniendo una mota de algodón humedecida en agua para conservar la temperatura al ambiente y promover a la eclosión efectiva de todos los huevos obteniendo mayor cantidad de larvas para el bioensayo.

Una vez que la masa huevos eclosionaron se eligieron 30 larvas las cuales fueron colocadas en dispositivos amplios de plástico con apertura para facilitar el ingreso del aire a su interior y cubierta con tela organza, además se colocó una mota de algodón humedecido en agua para obtener una temperatura ambiente en el interior de los dispositivos; se conservaron por cuatro días hasta alcanzar el instar deseado. La alimentación fue realizada a diario con hojas tiernas de maíz.

Para preparar la solución madre de los insecticidas que fueron utilizados en los tratamientos, tomamos un gramo de ingrediente activo del producto comercial respectivo luego lo transformamos matemáticamente a microgramos, el mismo que fue diluido en 100 ml de agua, obteniendo una solución madre de 10.000 ug/ml.

Considerando como base la solución madre (10 000 ug/mL), se fue tomando 1 (un) mL de la misma y diluyendo en diferentes cantidades de agua, con lo cual se obtuvo varias soluciones con diferentes concentraciones que se fueron aplicando según los resultados de mortalidad que se van obteniendo.

Las soluciones madres se calibraron y dosificaron, en función de las dosis comerciales, sus niveles de control e información conocida.

La mortalidad de las larvas de *S. frugiperda* se evaluó en cada tratamiento a las 24, 48, 72 y 96 horas después de la aplicación.

Se realizó el conteo de las larvas muerta sacándolas de cada dispositivo, y colocándolas en las cajas Petri para evaluarlas y cuando existía duda se utilizó un alfiler entomológico con el que fueron tocadas para verificar su muerte si es que no movieran ni siquiera la mandíbula. Luego se registró el número de larvas muertas y matemáticamente se estableció el porcentaje de mortalidad.

Después de realizar el conteo de larvas muertas en cada tratamiento, se corrigieron las mortalidades mediante la fórmula de Abbott.

$$Mc = \frac{\text{Vivos testigos} - \text{Vivos tratamientos}}{\text{Vivos testigos}} * 100$$

Los datos de mortalidad corregida servirán para realizar los análisis de Probit y establecer las DL 50 y DL 90; los limites fiduciales de cada dosis.

3 RESULTADOS

En la Tabla 2 detalla los promedios de mortalidad del insecticida thiodicarb sobre larvas de *S. frugiperda*. Los promedios muestran una mayor mortalidad de larvas a las 24 horas de la aplicación con la dosis de 7,14 ug/larva (100 %), encontrándose en la dosis de 0,13 ug/larva el menor control (25,91 %). En el testigo se observó una eliminación del 2,32 %.

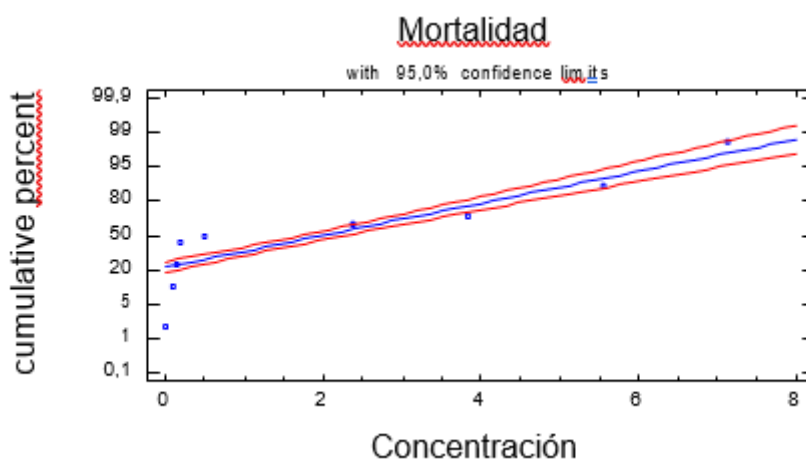
Tabla 2. Porcentaje de larvas muertas con aplicación de Thiodicarb.

Dosis ug/larvas	Horas				Total	Porc. Mort.	Mort. corregida
	24	48	72	96			
7,14	28	2	0	0	30	100	100
5,55	18	6	2	0	26	86,66	86,52
3,84	24	2	2	0	28	66,6	66,26
2,38	16	6	0	0	18	60	59,59
0,49	6	9	0	0	15	50	49,49
0,19	9	4	0	0	13	43,33	42,75
0,13	6	2	0	0	8	26,66	25,91
0,09	2	2	0	0	4	13,33	12,45
0,00	0	1	0	0	0	3,3	2,32

La hoja de cálculo de las muestras, indican un porcentaje de desviación en Mortalidad igual a 78,3804 %. Esta estadística es similar a la estadística R- cuadrada usual. El porcentaje ajustado que es más conveniente por comparar a modelos con los números diferentes de independiente en las variables, es 77,3337 %. Determinando si el modelo puede simplificarse, el valor de P-valor más alto para las pruebas de proporción de probabilidad es 0,0000, mientras perteneciendo a concentración, esto debido a que P-valor es menos de 0.01, ese término es estadísticamente significativo al 99 % nivel de confianza. Por consiguiente, no se puede modificar el valor del modelo probablemente.

La muestra percentiles obtenidas del modelo, indican el valor de concentración en el modelo. Por ejemplo, el 50 percentil (LD50), es igual a 2,00067. Los intervalos de confianza aproximados para los percentiles, también son iguales, (Figura 1).

Figura 1. Dosis letal media estandarizada con Análisis Probbit en insecticida thiodicarb.



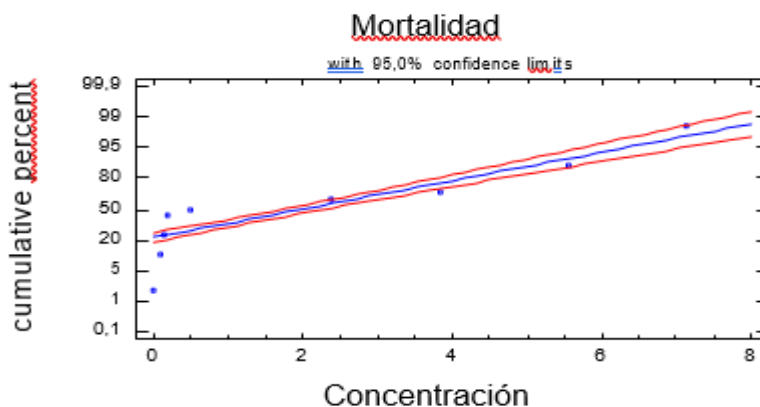
En la Tabla 3 se presentan los valores promedios de mortalidad ocasionada con el insecticida Alfacipermetrina en larvas de *S. frugiperda*. Los valores encontrados presentan mayor control de larvas a las 24 horas de la aplicación, con la concentración de 2,38 ug/larva (100 %), mostrándose una menor mortalidad con la concentración de 0,09 ug/larva (9,09 %). El testigo mostró una mortalidad de larvas del 2,32 %.

Tabla 3. Porcentaje de larvas muertas con aplicación de Alfacipermetrina.

Dosis ug/larvas	Horas				Total	Porc.Mort.	Mort. Corregida
	24	48	72	96			
2,38	30	0	0	0	30	100	100
0,49	26	2	0	0	28	93,3	93,23
0,39	10	2	2	0	14	46	46,06
0,29	11	1	0	0	12	40	39,39
0,19	5	3	1	0	9	30	29,29
0,16	6	2	0	0	8	26,66	25,91
0,13	3	3	0	0	6	20	19,19
0,09	2	1	0	0	3	10	9,09
0	0	1	0	0	0	3,33	2,32

La hoja de cálculo muestra el porcentaje de desviación en Mortalidad explicando dicho efecto igual a 93,2866 %. Esta estadística es similar a la estadística R- cuadrada usual. El porcentaje ajustado es conveniente para comparar a modelos con los números diferentes de variables independientes es 92,3587 %. Determinado el modelo puede simplificarse, el P-valor más alto para las pruebas de proporción de probabilidad es 0,0000, mientras para concentración es menos de 0,01, Este término es estadísticamente significativo en el 99 % del nivel de confianza. Los percentiles obtenidos del modelo indican el valor de concentración alcanzado. Por ejemplo, el 50 percentil (LD50) es igual a 0,320884, con intervalos de confianza aproximados para los percentiles, (Figura 2).

Figura 2. Dosis letal media estandarizada con Análisis Probbit en insecticida alfacipermetrina.



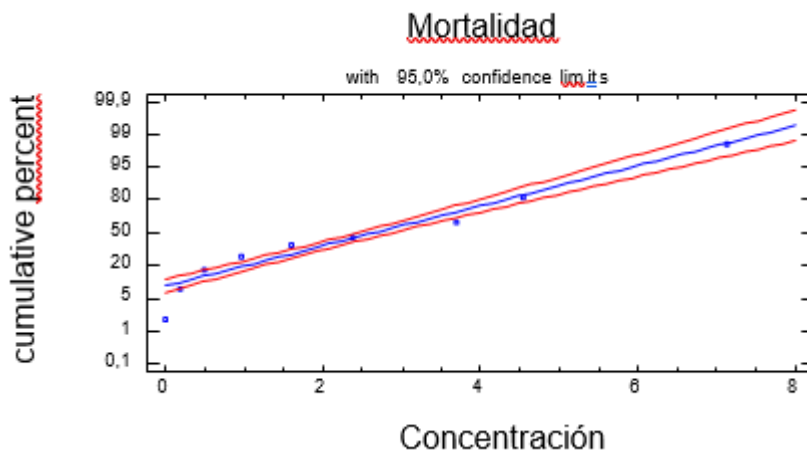
En la Tabla 4 se registra que la mortalidad en larvas de *S. frugiperda* más elevada (100 %) se observó con la concentración de 7,14 ug/larva del insecticida Abacmetina, a las 24 horas después de la aplicación. Se encontró que con la concentración de 0,19 ug/larva, se tuvo un menor efecto (9,09 %). En el testigo se observó una reducción del 2,32 %.

Tabla 4. Porcentaje de larvas muertas con aplicación de Abacmetina.

Dosis ug/larvas	Horas				Total	Porc.Mort.	Mort. Corregida
	24	48	72	96			
7,14	24	4	1	1	30	100	100
4,54	20	3	1	0	24	80	79,79
3,70	15	2	1	0	18	60	59,59
2,38	5	6	3	0	14	46.66	46,12
1,61	8	4	0	0	12	40	39,39
0,98	7	2	0	0	9	30	29,29
0,49	6	0	0	0	6	20	19,19
0,19	1	2	0	0	0	10	9,09
0	0	1	0	0	1	3,33	2,32

El cálculo demuestra que el porcentaje de desviación en mortalidad es igual a 89,173 %. Esta estadística es similar a la estadística R-cuadrada usual. El porcentaje ajustado que es más conveniente para comparar a modelos con los números diferentes de variables independientes es 88,1088 %. Determinando si el modelo puede simplificarse, el aviso para un P-valor más alto para las pruebas de proporción de probabilidad es 0,0000, mientras para concentración, el P-valor es menos de 0,01; el término es estadísticamente significativo en el 99% nivel de confianza. Los percentiles obtenidos del modelo son aceptables, los mismos indican el valor de concentración. Por ejemplo, el 50 percentil (LD50) iguala 1,70342; también se despliegan intervalos de confianza aproximados para los percentiles, (Figura 3).

Figura 3. Dosis letal media estandarizada con Análisis Probbit en insecticida abamectina.



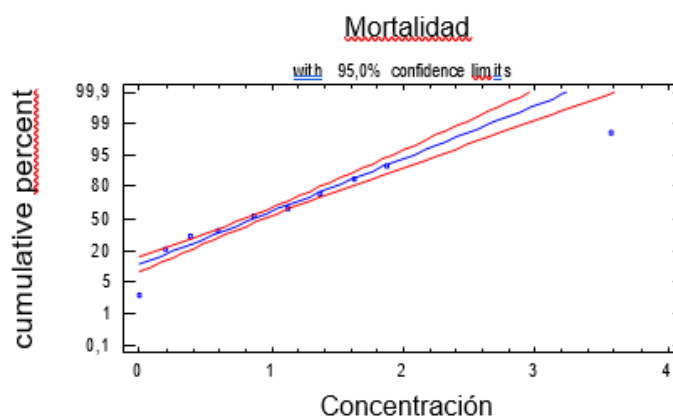
En la Tabla 5 se muestra los promedios de mortalidad ocasionada con el insecticida Bifetrin sobre larvas de *S. frugiperda*. Los promedios mostraron una menor supervivencia de larvas a las 24 horas de la aplicación, utilizando la concentración de 4,54 ug/larva (100 %), encontrándose una menor mortalidad utilizando 0,13 ug/larva (15,81 %). El testigo mostró una reducción de larvas del 2,53 %.

Tabla 5. Porcentaje de larvas muertas con aplicación de bifetrin.

Dosis ug/larvas	Horas				Total	Porc.Mort.	Mort. Corregida
	24	48	72	96			
4,54	29	1	0	0	30	100	100
3,70	27	0	0	0	27	90	89,89
2,38	10	3	2	0	15	50	49,49
1,21	8	4	0	0	12	40	39,39
0,73	9	2	0	0	11	36,66	36,02
0,39	9	0	0	0	9	30	29,29
0,19	5	1	1	0	7	23,33	22,55
0,13	3	2	0	0	5	16,66	15,81
0	0	1	0	0	1	3,33	2,53

El porcentaje de desviación en mortalidad fue igual a 96,0962 %. Esta estadística es similar a la estadística R-cuadrada usual. El porcentaje ajustado es más conveniente para comparar a modelos con los números diferentes de variables independientes es 95,0678 %. El P-valor más alto para las pruebas de proporción de probabilidad es 0,0000, mientras el P-valor es menor de 0.01, siendo estadísticamente significativo al 99 % de confianza. Los percentiles indican el valor de concentración, el 50 percentil (LD50) es igual a 0,864843, (Figura 4).

Figura 4. Dosis letal media estandarizada con Análisis Probbit en insecticida Bifetrin.



En la Tabla 6 se detalla la Dosis letal 50 de los insecticidas thiodicarb, alfacipermetrina, abamectina y bifentrin:

Insecticidas	DL50
thiodicarb	2,00067
alfacipermetrina	0,320884
abamectina	1,70342
bifentrin	0,864843

4 DISCUSIÓN

Los resultados encontrados en la investigación determinan que las aplicaciones de los grupos insecticidas alfacipermetrina, thiodicarb, bifentrin y abamectina, sobre poblaciones de *Spodoptera frugiperda*, disminuyen las poblaciones de las larvas del insecto en las dosis planteadas, sin encontrarse en los mismos indicios de bioresistencia.

Los datos demuestran que las concentraciones altas planteadas en el ensayo, logran una reducción de larvas a partir de las 24 horas después de la aplicación, manteniéndose la mortalidad de manera estable después de las 96 horas, esto debido a que los insecticidas utilizados tienen diferentes mecanismos de acción, siendo la mayoría por efecto de contacto o knockout, lo cual es corroborado por Flores (2010), quien sostiene que varios insecticidas están registrados para el control *S. frugiperda* en los diversos cultivos. Numerosas fallas en los tratamientos en cultivos desarrollados se deben a controles tardíos con larvas de gran tamaño y resistencia, protegidos de la acción directa de los plaguicidas. Los tratamientos tempranos, con larvas pequeñas y la buena calidad de las aplicaciones generando gotas pequeñas con la finalidad de ingreso en el cogollo, son esenciales para un buen control de esta plaga. Aplicar preferentemente *Lambdacyhalothrina* a dosis entre 6.25 a 10.00 g i.a/ha.

El análisis estadístico de Probit determinó que las concentraciones de thiodicarb tuvieron influencia sobre la tasa de mortalidad en las larvas colocadas en los contenedores. Esto se explica por las apreciaciones de la FAO (2018), quienes manifiestan que cuando el agricultor usa un insecticida y este pierde su efectividad, incrementan la dosis y frecuencia de aplicación, lo que trae como resultado el aumento del costo directo en el control de plagas a la vez que tienden a incrementarse los niveles de resistencia.

Las prácticas para identificar moléculas de insecticidas y conocer su efecto sobre las poblaciones, deben realizarse de una manera constante, esto con el fin de evitar problemas de resistencia en los insectos plagas. Esto lo corrobora Badii (2017), quienes manifiestan que la resistencia, es decir, el desarrollo de la resistencia a los plaguicidas tuvo un inicio y un progreso paulatino desde el inicio del siglo XX. El problema de la resistencia ha ocasionado pérdidas tanto

económico, como humano, ya que la mayoría de los países pobres no cuentan con los recursos económicos suficientes para adquirir las nuevas generaciones de los pesticidas. Las consecuencias, por tanto, son devastadoras. Se requiere el estudio del manejo de la resistencia y todavía, de mayor relevancia, el uso de los métodos alternativos de combate de las plagas agrícolas y los vectores de las enfermedades humanas y los animales domésticos.

5 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

- Los insecticidas thiodicarb, alfacipermetrina, abamectina y bifentrin lograron niveles altos de mortalidad (100 %) de *S. frugiperda* con la concentración más alta, en las primeras 24 horas después de las aplicaciones.
- El análisis Probit determinó que la dosis letal 50 para thiodicarb fue 2,00067.
- El análisis Probit determinó que la dosis letal 50 para alfacipermetrina fue 0,320884.
- El análisis Probit determinó que la dosis letal 50 para abamectina fue 1,70342.
- El análisis Probit determinó que la dosis letal 50 para bifentrin fue 0,864843.

REFERENCIAS

- Atrónico, A. (2013). Familias de Insecticidas para control de Cogollero en el cultivo de maíz. Obtenido de <http://www.dekalb.com.ar/acerca-de-familias-de-insecticidas-para-control-de-cogollero-en-el-cultivo-de-maiz-39>
- Bernardi, D., Bernardi, O., Jun, R., Salmeron, E., Miyuki, D., Omoto, C. (2016). Biological activity of Bt proteins expressed in different structures of transgenic corn against *Spodoptera frugiperda*. *Ciencia Rural* 46 (6): 1019-1024. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150047>
- Badii, M. (2017). Resistencia de insectos, plagas y Microorganismos. *Revista cultura y ciencia. Impacto Ecológico*, 18.
- Diez, G., Omoto, C. (2015). Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a lambdacialotrina. *Neotrop. Entomol.* 30: 311-316.
- Flores, F. (2010). Manejo de plagas en los cultivos de maíz. Obtenido de http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manejo_de_plagas_en_el_cultivo_de_maz.pdf
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). Resistencia del cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) a algunos insecticidas y su manejo. Obtenido de http://agris.fao.org/agris-search/search.do?jsessionid=3CAD7F745619EEE762EC8BE3D487735D?request_locale=es&recordID=CO19970093232&sourceQuery=&query=&sortField=&sortOrder=&agrovocString=&advQuery=¢erString=&enableField=
- Gamarra, M. (2022). Toxicidad de la proteína Bt en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas con estigmas de maíz en Paraguay. *Rev. Colomb. Entomol*, 48, 1. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11215>.
- Georghiou, G., Mellon, T. (2015). Pesticide resistance in time and space. In: Georghiou G. P., and T. Saito (eds). *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press. New York. pp: 175-205.
- IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). (2017). Ciclo biológico del gusano cogollero. Obtenido de <http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/maiz/gucol.htm>
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). (2018). Plagas del maíz en el litoral Ecuatoriano. Obtenido de [http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1616/1/Plagas%20de%20maiz%20\(Paliz\)%20Comunicac%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20sin%20n%C3%BAmero.pdf](http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1616/1/Plagas%20de%20maiz%20(Paliz)%20Comunicac%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20sin%20n%C3%BAmero.pdf)
- Jaramillo, A. (2015). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/29763/1/28406-101742-1-PB.pdf>
- León, I., Rodríguez, E., Ortega, L., & Solís, J. (2012). Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a insecticidas asociada a Césped en Quintana Roo, México. *Agrociencia*, 46(3), 279-287. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000300007&lng=es&tln=es.
- Mejía, R. (2016). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Obtenido de <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol1/vol.1no.1/Vol1.No.1.Art9.pdf>

Martínez, A., Caballero, M., Villanueva, N., Miralles, I., San Martín, E., López, L., Williams, T. (2014). Formulation with an optical brightener does not increase probability of developing resistance to *Spodoptera frugiperda* nucleopolyhedrovirus in the laboratory. *J. Econ. Entomol.* 97: 1202-1208.

Meneses, R. (2018). Manejo integrado de los principales insectos y acaros plagas del arroz. Obtenido de http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/libros/LIBRO_Manejo_Integrado_de_los_principales_insectos_y_acaros_plagas_del_arroz.pdf

Naveed, M. (2012). Determinación de la DL50 de algunos insecticidas. Obtenido de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PK2002000524>

Pérez, A. (2018). Control biológico de plagas y enfermedades de cultivos agrícolas . Obtenido de <http://www.ivic.gob.ve/taller/Control%20Biologico.pdf>

Pacheco, J. (2018). Monitoring insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* populations from the Yaqui Valley, Son., Mexico. *Resistant Pest Manage. Newsletter* 5: 3-4.

Rojas, J., Malo, L. (2014). Seasonal and nocturnal flight activity of *Spodoptera frugiperda* males (Lepidoptera: Noctuidae) monitored by pheromone traps in the coast of Chiapas, Mexico. *Fla. Entomol.* 87: 496-503.

Sosa, M. (2017). Daño por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz bajo siembra directa en diferentes épocas en el noreste santafesino. Santa Fe, AR, INTA. 4 p. Disponible en: <http://www.unne.edu.ar> .

Santos, O., Rodríguez, V., Souza, T., Tavares, C., Campos, S., Guedes, R., Pereira, E. (2015). Resistance to dual-gene Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: selection, inheritance, and cross-resistance to other transgenic events. *Sci Rep* (5): 18243. <https://doi.org/10.1038/srep18243>

Yu, S. (2017). Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 85: 675-691.