

**Efecto insecticida de ésteres de forbol de la
semilla de piñón (*Jatropha curcas*) para el
control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en
tomate (*Solanum lycopersicum*)**

Donovan Alexander Escobar Villacres

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto insecticida de ésteres de forbol de la
semilla de piñón (*Jatropha curcas*) para el
control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en
tomate (*Solanum lycopersicum*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Ingeniería Agronómica en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Donovan Alexander Escobar Villacres

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2015

Efecto insecticida de ésteres de forbol de la semilla de piñón (*Jatropha curcas*) para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en tomate (*Solanum lycopersicum*)

Presentado por:

Donovan Alexander Escobar Villacres

Aprobado:

Rogelio Trabanino, M.Sc.
Asesor principal

John Jairo Hincapié, Ph.D.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria

Renán Pineda, Ph.D.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Miguel Cocom, Ing.
Asesor

Efecto insecticida de ésteres de forbol de la semilla de piñón (*Jatropha curcas*) para el control de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) en tomate (*Solanum lycopersicum*)

Donovan Alexander Escobar Villacres

Resumen: Los ésteres de forbol están presentes en la semilla del piñón. Son promotores de cáncer y no aptos para consumo humano. Los objetivos fueron formular un insecticida para ninfas de *B. tabaci* en tomate sin causar fitotoxicidad en el cultivo y comparar la mortalidad con un insecticida de referencia Sulfoxaflor 24 SC. Para esto, se midieron las variables de mortalidad, inhibición de crecimiento y reducción. Las concentraciones de ésteres de forbol usadas fueron: 0.25, 0.50, 1.0 y 2.0 mg de ésteres de forbol por mL; Se realizó la crianza de ninfas de *B. tabaci* por medio de jaulas tipo pinza, y se las aplicó con el insecticida a base de ésteres de forbol en su tercer estadio, determinando la mortalidad existente durante 168 horas después de la aplicación. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar y una separación de medias tipo Duncan con $P \leq 0.05$. Se encontró una mortalidad acumulada de 50, 61 y 81% en los tratamientos de 0.25, 0.50 y 1.0 mg EF/mL respectivamente. La concentración de 2.0 mg presentó fitotoxicidad dañando las hojas de tomate, y el control Sulfoxaflor 24 SC presentó una mortalidad de 63% sin mostrar diferencias estadísticamente significativas con relación a los tratamientos de 0.5 y 1.0 mg de ésteres de forbol. Fue evidente una inhibición de crecimiento en todos los tratamientos comparados con el control Sulfoxaflor 24 SC y una reducción de 81% en el tratamiento de 1 mg. El testigo presentó los menores porcentajes de mortalidad, inhibición y reducción.

Palabras clave: Fitotoxicidad, inhibición de crecimiento, jaulas tipo pinza, mortalidad, Sulfoxaflor.

Abstract: Phorbol esters are present in pinion seed. They are promoters of cancer and unfit for human consumption. The objectives of the study were to develop an insecticide to control nymphs of *B. tabaci* in tomato without causing phytotoxicity on the crop and compare mortality rate with the insecticide Sulfoxaflor 24 SC as reference. For this, the study was supplemented by measuring variables of reduction and growth inhibition. The concentrations of phorbol esters used were 0.25, 0.50, 1.0 and 2.0 mg of phorbol esters per mL of diluent; the raising of *B. tabaci* nymphs was made through performed clamp type cages, and was applied with the insecticide based on phorbol esters in the third stage by determining the existing mortality for 168 hours after application. It was used a Design of randomized complete block and Duncan mean separation type with significance $P \leq 0.05$. An accumulative mortality of 50, 61 and 81% was found in the treatments of 0.25, 0.50 and 1.0 mg PE / mL respectively. The highest concentration of 2.0 mg showed phytotoxicity damaging tomato leaves, and control of Sulfoxaflor 24 SC presented a mortality of 63% showing no statistically significant differences with respect to treatment of 0.5 and 1.0 mg of phorbol esters. Was evident growth inhibition in all treatments compared to control Sulfoxaflor 24 SC and a reduction percentage of 81% in the 1 mg treatment. The witness had the lowest mortality rates, and reduced inhibition at all concentrations.

Keywords: Clamp type cages, growth Inhibition, mortality, phytotoxicity, Sulfoxaflor.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	16
5. RECOMENDACIONES	16
6. LITERATURA CITADA.....	17
7. ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulaciones usadas para determinar la formulación del insecticida. Zamorano, Honduras.....	4
2. Separación de medias entre formulaciones según daño causado en las hojas por las formulaciones preliminares. Zamorano, Honduras	8
3. Formulación del Insecticida usado para las aplicaciones. Zamorano, Honduras	8
4. Porcentaje de mortalidad encontrado a las 6 y 24 horas en ninfas de <i>B. tabaci</i> . Zamorano, Honduras.....	11
5. Mortalidad de las ninfas de <i>B. tabaci</i> durante 168 horas post aplicación. Zamorano, Honduras.....	12
6. Porcentaje de Supervivencia e inhibición de crecimiento a las 168 horas después de aplicado el insecticida en ninfas de <i>B. tabaci</i> . Zamorano, Honduras.....	14
7. Porcentaje de reducción encontrado en ninfas de <i>B. tabaci</i> durante 168 horas después de la aplicación. Zamorano, Honduras.....	15

Figuras	Página
1. Plántulas trasplantadas en primera etapa fenológica para el desarrollo del ensayo.	3
2. Modelo de Jaula tipo pinza utilizado para el bioensayo.....	5
3. Conteo Inicial de Ninfas de <i>B. tabaci</i> para ensayo.....	6
4. Hoja de tomate aplicado con una dosis de 2 mg EF/mL eliminado del experimento debido a daños ocasionados en la planta.	11
5. Tendencia de control del insecticida contra mosca blanca, a lo largo de 168 horas	13

Anexos	Página
1. Hojas de Tomate delimitadas e infestadas con ninfas de <i>B. tabaci</i>	20
2. Hojas dañadas en un 100% debido a tratamientos formulados a base de aceite de piñón.	20

1. INTRODUCCIÓN

La planta del piñón (*Jatropha curcas*) es una planta que crece en regiones tropicales y subtropicales (Díaz *et al.* 2013). Es una planta de crecimiento rápido, con una altura de 4 a 6 metros. Las semillas del piñón tienen propiedades oleaginosas, conteniendo entre un 20 hasta un 40% de aceite.

J. curcas (del griego *iatrós* = médico y *trophé* = alimentos) es una planta multipropósitos de considerable potencial como fuente para la producción de biodiesel, jabones, insecticidas y lubricantes. Sin embargo, se conoce poco para hacerla una planta exitosa. Es tolerante a la sequía, está bien adaptada a los suelos semiáridos de las zonas marginales y puede crecer en suelos pedregosos o arenosos con un contenido bajo de nutrientes sin requerir de un régimen nutricional especial (Galaz-Ávalos *et al.* 2012).

El aceite de *J. curcas* contiene diferentes cantidades de ésteres de forbol, los cuales tienen diversas aplicaciones en la industria actual (Oyuela *et al.* 2012). Los ésteres son derivados de los ácidos carboxílicos, compuestos orgánicos con uno o más grupos carboxilos (Fernández 2008), estos provienen de los hidrocarburos. Dentro de la amplia gama de los ésteres, se encuentran los ésteres de forbol, los cuales son diterpenos que contienen 20 átomos de carbono formados por cuatro unidades de isopreno (Saetae y Worapot 2009) y que están presentes en la semilla del piñón (*J. curcas*). Estos compuestos presentan alta toxicidad en los cotiledones, el embrión, el tegumento y la testa. Generalmente los ésteres de forbol presentan una resistencia a altas temperaturas (aproximadamente 160°C) (Aregheore *et al.* 2003), son los causantes de la activación de la proteína quinasa C y son promotores del cáncer (Chún 2013).

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las especies hortícolas más importantes para el consumo humano, generando cuantiosos ingresos, empleos y un alto valor nutritivo para la dieta (vitamina A, C y E, antioxidantes, calcio y fósforo) (Velasco *et al.* 2011). Consta de tres fases fenológicas (inicial, vegetativa y reproductiva) y cuenta con una producción entre 17 y 38 toneladas por hectárea, pero debido a su alta vulnerabilidad a problemas fitosanitarios se puede perder inclusive el 100% de la producción (Bolaños 1998).

La mosca blanca (*B. tabaci*) fue descubierta por Gennadius en 1889. Desde ese entonces, esta plaga ha recibido la atención de entomólogos debido al daño que causan a un gran número especies cultivables en todo el mundo (Gerling y Mayer 1995). Son pequeños insectos fitófagos de plantas herbáceas capaces de convertirse en un serio problema debido a los daños que provocan succionando la savia y transmitiendo virus, especialmente Begomovirus, el cual actualmente es considerado como la mayor amenaza para los cultivos de interés agrícola de zonas tropicales y templadas donde se han registrado

sensibles pérdidas (Seal *et al.* 2006). Además esta especie presenta una resistencia mucho mayor a los productos químicos que otras especies de mosca blanca como *Trialeurodes vaporariorum* y por tanto, su control es mucho más costoso (Zuria 2001). Es importante buscar opciones biológicas o botánicas para liberar la presión de los químicos que se han venido usando a lo largo de muchos años (Bisset 2002). Según FAO (1970), la resistencia es la respuesta disminuida de la población a un plaguicida o agente de control como resultado de su aplicación.

Un insecticida es cualquier sustancia o mezcla utilizada en la prevención y el control de especies artrópodos indeseables, incluye sustancias como defoliantes, desecantes y reguladores del crecimiento (Trujillo 2006). Desde el punto de vista ecológico, el insecticida es una sustancia tóxica que el hombre introduce al ecosistema agrícola afectando a todos sus organismos en particular, a los animales. La intensidad del efecto varía según las características del insecticida, el grado de susceptibilidad de las especies fitófagas, la formulación y dosis del producto, y las condiciones climáticas prevalecientes durante las aplicaciones (Cisneros 1995).

Las sulfoximinas son una nueva clase de insecticidas producidas por Dow AgroSciences® para el control de una amplia gama de insectos. En la empresa, después de varios ensayos con el fin de mejorar atributos en esta gama de insecticidas, resulta el Sulfoxaflor, el cual ha sido clasificado por el Comité de acción de Resistencia Insecticida IRAC (por sus siglas en inglés) como un insecticida de grupo cuatro, subgrupo cuatro. Su modo de acción sigue en investigación, pero se le relaciona con la activación de los receptores nicotínicos de la acetilcolina (Babcock *et al.* 2001)

Reemplazar plaguicidas sintéticos por sustancias vegetales representa una alternativa viable porque son económicos, se descomponen rápidamente y a pesar de ser tóxicos no tienen un efecto residual prolongado (Devappa *et al.* 2010). Sin embargo, es necesario utilizarlos con la misma precaución que los plaguicidas químicos (Pabón y Hernández 2012).

Los objetivos planteados para este estudio fueron:

- Determinar la efectividad de los ésteres de forbol de la semilla de piñón (*J. curcas*) para el control de la plaga mosca blanca en tomate.
- Determinar una concentración óptima para la elaboración de un insecticida a base de ésteres de forbol la cual tenga control sobre ninfas de *B. tabaci*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio La investigación se realizó en la unidad de Control Biológico Zamorano. Las instalaciones del plantel se utilizaron para el establecimiento del cultivo, la formulación del insecticida y para la crianza de las ninfas de *B. tabaci* que fueron tratadas con el producto.

La Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano está localizada en el departamento de Francisco Morazán, 32 km al este de Tegucigalpa, Honduras.

Metodología. El experimento consistió en desarrollar una formulación de ésteres de forbol adecuada y su aplicación en plantas de tomate de variedad Shanty. Esta variedad fue desarrollada en el estado de Florida en el 2004, es de crecimiento determinado, tiene rendimientos elevados y muy buena resistencia al virus del enrollamiento de la hoja amarilla TYLCV (por sus siglas en inglés) (Giras 2014). Las plantas mencionadas anteriormente fueron infestadas con *B. tabaci*.

Primera fase

Plantación del tomate Se usaron 18 plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*). Todas fueron introducidas en jaulas de PVC de 2 m de largo × 1.25 m de alto × 1 m de ancho, con recubrimiento de agribón, el cual es una cubierta flotante de polipropileno, ultraligera y resistente, que no interfiere con el crecimiento de las plantas, permitiendo el paso de la luz solar, el aire y el agua (Irridelco 2015). Estas fueron realizadas en la unidad de Control Biológico con el objetivo de establecer plantas libres de insectos, especialmente *B. tabaci* (Figura 1).



Figura 1. Plántulas trasplantadas en primera etapa fenológica para el desarrollo del ensayo.

Formulación del insecticida Se realizaron pruebas preliminares para determinar la formulación y proporción de los ingredientes usados en el insecticida. Se realizaron seis formulaciones, de las cuales tres se hicieron con aceite y tres con ésteres de forbol como ingrediente activo. Cada formulación se realizó a las concentraciones de 0.0625, 0.25, 0.50 y 1.0 miligramos de éster de forbol por mililitro de diluyente (mg EF/mL). Las mismas usadas por Devappa *et al.* 2012 para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en plantas de maíz (*Zea mays*). Esta relación de diluyente fue usada para cada concentración formulada. Todas las formulaciones consistieron en una variación entre la relación agua: acetona usada en el diluyente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulaciones usadas para determinar la formulación del insecticida. Zamorano, Honduras

Formulación	Contenido		
	Ingrediente Activo	Acetona	Agua
1	Éster	50	50
2	Éster	75	25
3	Éster	25	75
4	Aceite	50	50
5	Aceite	75	25
6	Aceite	25	75

La variable tomada en cuenta durante la realización de las pruebas preliminares fue toxicidad en la planta. Para esto, se seleccionaron hojas de tomate bien desarrolladas de plantas en maceteros infestadas con ninfas de *B. tabaci*, las cuales se sumergieron en las formulaciones preliminares durante 20 segundos. Los peciolo de las hojas evaluadas con los diferentes tratamientos se colocaron dentro de una solución de agua con azúcar (como fuente de carbohidratos) para monitorear la respuesta ante la variable anteriormente mencionada.

Se utilizó la fórmula general de dilución para la formulación de cada tratamiento, siendo la concentración del éster usado de 3.56 mg EF/mL y del aceite de 1.6 mg EF/mL. (Ecuación 1).

$$C_1V_1=C_2V_2 \quad [1]$$

Segunda fase

Establecimiento de la población de *B. tabaci* en el cultivo. Se utilizaron de 20 a 25 adultos identificados de *B. tabaci* de edad y sexo desconocidos de una plantación comercial ubicada en la unidad de Control Biológico. Estos adultos fueron aspirados individualmente usando una pipeta Pasteur con filtro. Posteriormente, fueron transferidos a Jaulas tipo pinza (Figura 2), y colocados en el envés de los trifolios de las plantas de tomate. Se utilizó un trifolio por planta. Después de 48 horas los adultos se removieron de las jaulas tipo pinza y se delimitó el área del envés de la hoja con marcador indeleble de color negro donde los adultos ovipositaron. (Anexo 2).



Figura 2. Modelo de Jaula tipo pinza utilizado para el bioensayo.

Aplicación del insecticida. Eclosionadas las ninfas, se monitorearon durante 13 días, con el fin de realizar la evaluación en su tercer estadio ninfal para hacer la aplicación con el insecticida de ésteres de forbol a las concentraciones seleccionadas luego de realizar las pruebas preliminares. Las ninfas de *B. tabaci* en su tercer estadio miden 0.6 mm de largo y 0.4 mm de ancho, cuentan con un pliegue torácico traqueal indicado por una cutícula punteada ventralmente, línghula ensanchada y puntiaguda distalmente pero no lobulada (Carapia y Castillo 2013).

Se evaluó un testigo formulado con acetona, agua y adherente, y un control químico a base de Sulfoxaflor 24 SC, un insecticida de la familia de las sulfoximinas usada para el control de *B. tabaci* y otras plagas de la agricultura (Dow AgroSciences 2013). Se evaluó el efecto de la formulación éster, más 25% de acetona y 50% de agua (en el diluyente) a las siguientes concentraciones: 0.25, 0.5, 1.0 y 2.0 mg EF/mL. Para la aplicación del éster de forbol se formularon 50 mL de cada concentración y se sumergieron las hojas infestadas con ninfas de *B. tabaci* sin ser arrancadas de las plantas de tomate durante 20 segundos siguiendo la metodología de Caballero en 2013.

Mortalidad de ninfas de *B. tabaci*. Se evaluó mortalidad de ninfas de *B. tabaci* a las 6, 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas después de aplicado el insecticida (Ratnadass *et al.* 2009). Sulfoxaflor 24 SC tiene una residualidad de 168 horas después de aplicación (Agrarian 2015). Con esta información se determinó evaluar el insecticida en este período de tiempo.

Mediante un conteo inicial se dejaron de 35 a 45 ninfas de *B. tabaci* por foliolo (Figura 3). Se tomaron los foliolos bien desarrollados aplicados con los tratamientos, y fueron observados sin arrancarlos de la planta para los 8 conteos durante el ensayo. Se usó un estereoscopio Leica EZ4-D para poder observar el número de ninfas muertas. También se usó un microscopio digital portátil Dino Lite de 5 megapíxeles para captar imágenes con 400X de aumento. (Dino Lite 2015)

Para la evaluación fueron consideradas como ninfas muertas, aquellas que presentaron un color amarillo oscuro, amarillo turgente y ninfas con deformidades en su anatomía general. Se tocaron las ninfas con un alfiler para asegurar que estén muertas. Se anotaron todas las alteraciones que sufrieron las plantas de tomate, para determinar si los ésteres ocasionaron fitotoxicidad, según el porcentaje de daño en las hojas.



Figura 3. Conteo Inicial de Ninfas de *B. tabaci* para ensayo

Tercera fase

Variables medidas. Las variables tomadas en cuenta para la evaluación de datos fueron: porcentaje de mortalidad total, porcentaje de sobrevivencia, inhibición de crecimiento y porcentaje de reducción. La mortalidad, se define según el diccionario de la Real Audiencia Española como la tasa de muertes producida en una población durante un período de tiempo dado, en general o por una causa determinada. En este caso, producida por el efecto del éster de forbol.

La variable de inhibición de crecimiento, muestra el porcentaje de ninfas de *B. tabaci* que no llegaron a un estadio posterior después de la aplicación del insecticida, con respecto a las ninfas sobrevivientes del testigo que sí lo hicieron. Esta medida se obtuvo con el número de exuvias encontradas a diario en los 8 conteos durante el ensayo. Una exuvia es la cutícula o el recubrimiento de las ninfas que es eliminada durante la muda al siguiente estadio (adulto) (Vázquez 2004).

Diseño experimental. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) contando con seis tratamientos y tres repeticiones. Obteniendo un total de 18 unidades experimentales evaluadas durante ocho tiempos diferentes después de la aplicación. (6, 24, 48, 72, 96, 120, 144 y 168 horas).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron con el programa de Análisis Estadístico SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.1.3. Se realizó un Análisis de Varianza con el Modelo Lineal General (GLM) y una separación de medias tipo Duncan con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ para las variables de: porcentaje de mortalidad normal, porcentaje de mortalidad corregida, porcentaje de sobrevivencia e inhibición de crecimiento.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Formulación de insecticida. Mediante pruebas preliminares se determinó la proporción óptima de ingredientes usados para la aplicación del insecticida según el porcentaje de daño causado en la planta. Al obtener el porcentaje de daño ocasionado por cada formulación en cuatro concentraciones, se realizó una separación de medias para determinar la formulación idónea para el insecticida (Cuadro 2).

Cuadro 2. Separación de medias entre formulaciones según daño causado en las hojas por las formulaciones preliminares. Zamorano, Honduras

Formulación	Contenido			Daño (%)
	Ingrediente Activo	Acetona	Agua	
1	Éster	50	50	1.75 a*
2	Éster	75	25	0.00 a
3	Éster	25	75	0.00 a
4	Aceite	50	50	87.50 b
5	Aceite	75	25	82.50 b
6	Aceite	25	75	81.25 b

*Datos con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba Duncan con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

Todas las formulaciones realizadas a base de aceite de piñón (4, 5 y 6) presentaron un 100% de daño en las hojas, haciéndolas enrollarse y deshidratarse por completo (Anexo 2).

Las formulaciones 2 y 3, realizadas con el concentrado de ésteres de forbol no presentaron daño en las hojas, por lo cual fueron preseleccionadas para conformar el insecticida. Después de revisar las cantidades de ingredientes que las conformaban, se seleccionó la formulación 3, ya que contaba con una mayor proporción de agua en su contenido, lo cual se consideró importante para el momento de usar estas proporciones en campo.

La formulación 3 contenía 28% de éster de forbol, 18% de acetona y 54% de agua. Los resultados de este ensayo se pueden expresar de forma general, en una formulación base, la cual se muestra en el Cuadro 3, para poder ser replicada a cualquier concentración. Se realizó con base en éster de 3.56 mg EF/mL de concentración (Cuadro 3).

Cuadro 3. Formulación del Insecticida usado para las aplicaciones. Zamorano, Honduras

Ingrediente	Cantidad (%)
Éster de Forbol	Depende de la concentración [£]
Acetona	25 [*]
Agua	75
Adherente	Dosis de campo [¥]

£ La cantidad de éster usado depende de su concentración inicial.

* Las proporciones usadas se refieren solo a la cantidad de diluyente usado.

¥ La dosis de campo usada es de 1 mL/L.

Para realizar esta formulación del insecticida se deben considerar las siguientes especificaciones:

- Para obtener la cantidad de éster de forbol que se va a usar, se calcula mediante la Ecuación General de Dilución (Ecuación 1), el volumen inicial necesario para poder llegar a la concentración final. Esto se calcula con respecto al volumen final de insecticida que se desea preparar y la concentración inicial del éster que se tiene.
- Después de obtener la cantidad de éster de forbol necesario, se procede a obtener el volumen total de diluyente que se necesita. Esto se hace restando del 100% del volumen total el porcentaje de éster que se obtuvo.
- Con respecto al volumen obtenido de diluyente, se divide en cuatro partes iguales, de las cuales tres serán de agua y una de acetona.
- A todo esto, se suma la dosis de campo de adherente (1 mL/L) dependiendo del volumen total del insecticida preparado.

Evaluación de mortalidad. La evaluación de mortalidad empezó 6 horas después de aplicados los tratamientos. La concentración más alta usada (2 mg EF/mL) presentó fitotoxicidad en los trifolios. Debido a esto, el tratamiento tuvo que ser eliminado del ensayo ya que su efecto causaba daños en la planta (Figura 4).



Figura 4. Hoja de tomate aplicado con una dosis de 2 mg EF/mL eliminado del experimento debido a daños ocasionados en la planta.

Porcentaje de mortalidad. La mortalidad de ninfas de *B. tabaci* fue incrementando conforme a los días después de la aplicación. Los primeros datos tomados a las 6 horas después de la aplicación no mostraron control ni diferencia significativa entre tratamientos y 24 horas después de la aplicación solo el testigo mostró diferencia significativa en relación a los demás tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad encontrado a las 6 y 24 horas en ninfas de *B. tabaci*. Zamorano, Honduras

Tratamiento (mg EF/mL)	Mortalidad (%)	
	6 Horas	24 Horas
0.25	0.00 a	4.78 a
0.5	0.00 a	5.58 a
1	1.96 a	6.86 a
Sulfoxaflor	0.93 a	5.36 a
Testigo	0.00 a	0.00 b
C. V. (%) [‡]	264.40	43.59
R ²	0.23	0.77

[‡]C.V. Coeficiente de Variación

* Datos con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba Duncan con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

48 horas después de la aplicación, la concentración de 1 mg EF/mL y Sulfoxaflor 24 SC presentaron los mayores porcentajes de mortalidad versus las concentraciones de 0.25 y 0.50 mg EF/mL. A las 72 horas, las concentraciones de 0.5, 1 y Sulfoxaflor 24 SC no presentaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de mortalidad de ninfas.

A partir de las 96 horas, la concentración de 1 mg EF/mL presentó mortalidades mayores significativamente que las concentraciones de 0.25, 0.50 mg EF/mL, Sulfoxaflor 24 SC y el testigo. El insecticida Sulfoxaflor obtuvo mortalidades iguales estadísticamente a las concentraciones de 0.25 y 0.5 mg EF/mL hasta las 168 horas evaluadas.

Devappa *et al.* (2012), encontraron control sobre *S. frugiperda* en maíz utilizando concentraciones de 0.25 y 1.0 mg EF/mL, las cuales aniquilaron el 40 y 75% de la población respectivamente. Wink *et al.* (1997) encontraron actividad insecticida en plagas como *Tetranychus urticae*, *Mizeus persicae* y *Plutella xilostela* con porcentajes de mortalidad de 100, 100 y 60 respectivamente, 6 días después de la aplicación, usando una concentración de 1% de éster de forbol en la dieta de los insectos. En este mismo experimento se especifica que la mortalidad fue causada por el contacto de las larvas con ésteres de forbol, mas no por inanición. Sin embargo, Adebowale *et al.* (2006), resaltan en su estudio realizado acerca de la composición y propiedades insecticidas de *J. curcas* que el aceite contiene gran cantidad de materia insaponificable, la cual es una ventaja para el uso como insecticida natural, ya que este tipo de materia contiene esteroides y alcoholes triterpénicos que son responsables de las propiedades insecticidas de aceites fijos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Mortalidad de las ninfas de *B. tabaci* durante 168 horas post aplicación. Zamorano, Honduras

Tratamiento (mg EF/ml)	Mortalidad (%)					
	48 Horas	72 Horas	96 Horas	120 Horas	144 Horas	168 Horas
0.25	12.53 cd	36.77 bc	47.81 c	56.89 b	56.89 c	62.29 b
0.5	19.00 bc	52.40 ab	64.67 b	70.78 ab	70.69 b	70.69 b
1	40.83 a*	70.33 a	81.40 a	82.38 a	83.28 a	85.25 a
Sulfoxaflor	31.08 ab	56.03ab	64.14 b	66.89 ab	69.60 b	71.31 b
Testigo	5.38 d	18.54 c	19.52 d	23.29 c	24.17 d	24.17 c
C. V	30.59	27.34	13.89	14.00	10.93	11.51
R ²	0.87	0.79	0.93	0.91	0.94	0.93

*Datos con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba Duncan con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

‡ C.V. Coeficiente de variación

A continuación se muestra la tendencia de control encontrada por los diferentes tratamientos a lo largo de 168 horas (Gráfica 1).

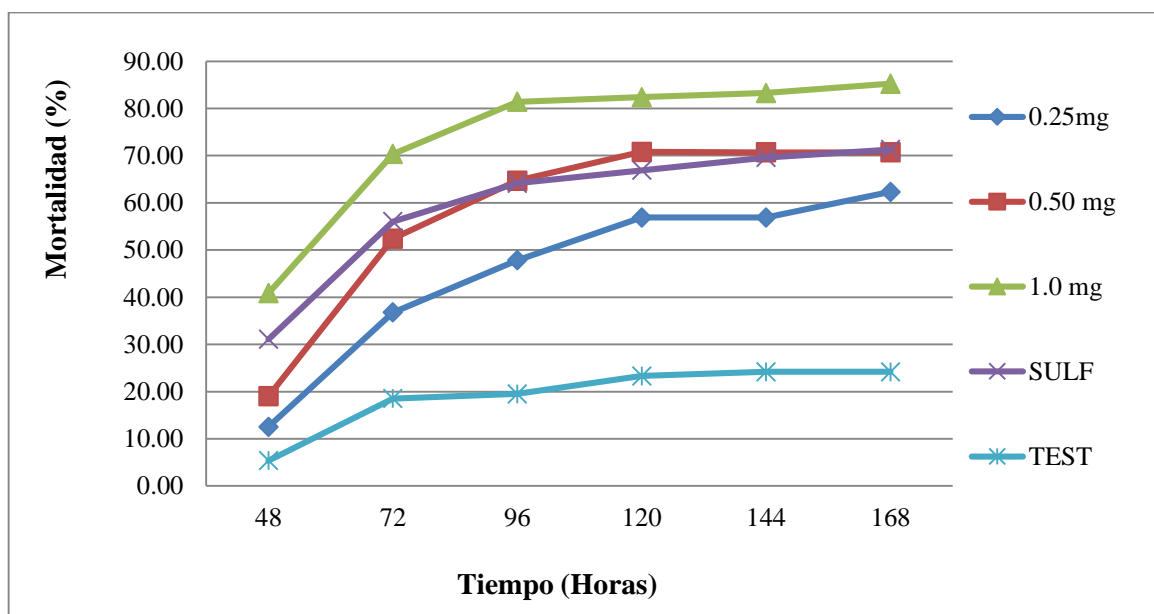


Figura 5. Tendencia de control del insecticida contra mosca blanca, a lo largo de 168 horas

Porcentaje de sobrevivencia. Para la evaluación de la sobrevivencia sobre las ninfas aplicadas, se realizó un conteo diario de individuos vivos, muertos y se comparó con el conteo inicial.

El tratamiento de 1 mg EF/mL obtuvo el porcentaje de sobrevivencia más bajo (14%), después de 168 horas de la aplicación, presentando diferencias significativas con los demás tratamientos. El tratamiento Sulfoxaflor 24 SC no presentó diferencias significativas a las 168 horas con los tratamientos de 0.25 y 0.5 mg EF/mL. Siendo el testigo el que presentó la mayor sobrevivencia durante todo el ensayo (Cuadro 6).

Inhibición de crecimiento. La inhibición de crecimiento se calculó con respecto al número de exuvias observadas en cada unidad experimental en cada tiempo de observación con respecto al testigo; De esta manera, podemos notar que todos los tratamientos formulados con ésteres de forbol no presentaron diferencias significativas entre sí. Porcentajes mayores al 70% fueron encontrados con respecto al testigo. Mientras que el tratamiento Sulfoxaflor 24 SC presentó el menor porcentaje de inhibición (48% del total de sus ninfas sobrevivientes).

Dados estos resultados, varias pueden ser las razones por las que los tratamientos a base de ésteres de forbol presentaron inhibición de crecimiento sobre ninfas de *B. tabaci*. Wink *et al.* (1997) atribuyen este comportamiento en ninfas, ya que los ésteres de forbol son causantes de varios procesos de impedimento en el desarrollo de células y tejidos, los cuales desencadenan una variedad de efectos biológicos que pueden replicarse en un amplio rango

de organismos. Por otro lado Ratnadass *et al.* (2009), al probar el potencial del éster de forbol de *J. curcas* en gusano algodón (*Helicoverpa armígera*) encontraron una reducción en la tasa de crecimiento de huevos y larvas, incluyendo una interrupción en el proceso de muda, lo que resulta en la muerte de algunos insectos. De igual manera, la capacidad reproductiva de adultos se vio afectada, mostrando una baja fecundidad, y altas tasas de esterilidad. Por último Wink *et al.* (1997), encontraron que al añadir concentraciones mayores a 250 ppm en la dieta de larvas de polilla del tabaco (*Manduca sexta*) se presentaban efectos inhibitorios significativos, ya que presentaban un crecimiento anormal sin morir inmediatamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Porcentaje de Supervivencia e inhibición de crecimiento a las 168 horas después de aplicado el insecticida en ninfas de *B. tabaci*. Zamorano, Honduras

Tratamiento (mg EF/mL)	168 horas	
	Supervivencia (%)	Inhibición (%)
0.25	37.70 b*	74.90 ab
0.5	29.31 b	87.40 a
1	14.75 c	97.77 a
Sulfoxaflor	28.69 b	48.80 b
Testigo	75.83 a	*
C.V. [‡]	19.39	18.43
R ²	0.93	0.77

*Datos con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba Duncan con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

[‡]C.V. Coeficiente de Variación

Porcentaje de reducción de la mortalidad en relación al testigo. Esta variable, se comporta de manera similar con el porcentaje de inhibición, ya que de igual manera se lo relaciona con el testigo. Sin embargo, los datos que refleja muestran el control neto de mortalidad que ejerció cada tratamiento sin tomar en cuenta la mortalidad del testigo usado.

El porcentaje de reducción de mortalidad en ninfas de *B. tabaci* a las 6 horas no mostró diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo un coeficiente de variación muy elevado. Esto puede deberse al control casi nulo provocado por los tratamientos. A partir de las 24 horas, el tratamiento de 1 mg EF/mL presentó los niveles más altos de reducción. Comparando este tratamiento con el control Sulfoxaflor 24 SC, se puede notar que no existieron diferencias significativas entre ellos a las 6, 24, 48, 72 y 120 horas. Es importante mencionar que desde las 144 horas, la reducción de la mortalidad de ninfas presentada por la concentración de 1 mg EF/ mL fue significativamente superior alcanzando un 80.54% de reducción de la mortalidad con respecto al testigo. Mientras que el control Sulfoxaflor 24 SC alcanzó un control de 61.97%.

Las concentraciones de 0.25 y 0.50 mg EF/mL usadas, fueron menos eficientes que el Sulfoxaflor 24 SC durante las primeras 48 horas, ya que mostraron un control significativamente inferior. Sin embargo a partir de las 72 horas, no se pueden notar diferencias significativas en cuanto a la reducción de mortalidad de ninfas causada por los 3 tratamientos. Presentando valores de 49, 50 y 61 % de reducción a 0.25, 0.50 mg EF/mL y el control Sulfoxaflor 24 SC respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Porcentaje de reducción encontrado en ninfas de *B. tabaci* durante 168 horas después de la aplicación. Zamorano, Honduras

Tratamiento (mgEF/mL)	Reducción (%)							
	6 horas	24 horas	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas	144 horas	168 horas
0.25	0.00 a	3.44 b	7.56 b	22.31 b	43.10 b	43.40 b	42.85 b	49.98 b
0.5	0.83 a	4.78 ab	8.48 b	30.21 b	37.69 b	49.47 b	45.01 b	50.30 b
1	1.95 a	6.86 a	37.47a	63.10 a	76.82 a	77.05 a	77.93 a	80.54 a
Sulfoxaflor	0.93 a	5.37 ab	27.12 a	46.26 ab	55.54 b	56.70 ab	59.68 b	61.97 b
C.V. (%) [‡]	42.87	27.71	34.94	32.60	20.69	21.68	14.44	12.30
R ²	0.2	0.73	0.88	0.79	0.86	0.76	0.89	0.87

*Datos con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes según la prueba Duncan con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$).

[‡]C.V. Coeficiente de Variación

4. CONCLUSIONES

- Los ésteres de forbol se presentan como una alternativa viable para el control de *B. tabaci* ya que controla sus ninfas en un 85% con una concentración de 1 mg EF/mL a comparación del testigo usado.
- El tratamiento con un 28% de ésteres de forbol, 18% de acetona y 54% de agua y 1% de adherente a una concentración de 1 mg EF/mL fue la formulación de ésteres de forbol más idónea para las evaluaciones porque no presentó alteraciones en la planta.
- Concentraciones mayores a 2 mg EF/mL se presenta fitotoxicidad en las hojas

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda probar un mayor número de concentraciones para un estudio más avanzado sobre la eficiencia de ésteres de forbol.
- Realizar el estudio en condiciones de campo para un futuro y con un mayor número de unidades experimentales.
- Se recomienda elaborar el mismo experimento con distintos tipos de cultivos y plagas de importancia agrícola

6. LITERATURA CITADA

Agrian. S.F. Label center. Consultado el 28 de septiembre de 2015. Disponible en: http://agrian.com/labelcenter/ajax/printable.cfm?product_id=12754&state=1&pest=&commodity=&country=US&generic_condition=Select&pdf=true.

Aregheore, E.M., K. Becker y H. Makkar. 2003. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. *Journal of Natural Science* 21: 50-56.

Babcock, J. M., C. Gerwick., J. X. Huang., M.R. Loso., G. Nakamura., S.P. Nolting., R.B. Rogers., T.C. Sparks., J. Thomas., G.B. Watson e Y. Zhu.(2011), Biological characterization of sulfoxaflor, a novel insecticide. *Pest. Manag. Sci.* 67: 328–334.

Bisset, J. A. 2002. Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia. Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri”. *Revista cubana* 18 p.

Bolaños, A. 1998. Introducción a la Olericultura. San José, Costa Rica. UNED. 351p.

Caballero R., S. Cyman., D. Schuster., H. Portillo y R. Slater. 2012. Baseline susceptibility of *Bemisia tabaci* (Genn) biotype B in southern Florida to Cyantraniliprole. *Crop Protection*, 44: 104-108

Carapia, V.E. y A. Castillo. 2013. Estudio comparativo sobre la morfología de trialeurodes vaporariorum y bemisia tabaci. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(1): 178-193

Chún, R. 2013. Cuantificación de los ésteres de forbol en partes estructurales de semilla descascarada en ocho accesiones de *Jatropha curcas*. Francisco Morazán, Honduras. EAP Zamorano. 21 p.

Cisneros, F. H. Control de Plagas agrícolas. Segunda edición. Lima, Perú.

Cuellar, M.E. y F.J. Morales. 2005. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.). 9 p.

Devappa, R., M. Angulo., H. Makkar y K. Becker. 2012. Potential of using phorbol esters as an insecticide against *Spodoptera frugiperda*. *Industrial Crops and Products*. P. 50-53.

Devappa, R., H. Makkar y K. Becker. 2009. Biodegradation of *Jatropha curcas* phorbol esters in soil. *Science Food Agriculture* 90: 2090-2097.

Díaz, G., J. Aguirre y V. Díaz. 2013. Rendimiento de *Jatropha curcas* L. inoculada con micorriza y aplicación de composta de caña. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(4).

Dino Lite, 2015. Shopping products. Consultado el 18 de septiembre de 2015. Disponible en <http://www.dino-lite.com.sg/shop>

Dow AgroSciences, 2013. Isoclast™ Active Technical Bulletin. 11p.

FAO. 1970. Pest resistance to pesticide in agriculture, importance, recognition and countermeasures. 32 p.

Fernández, G. 2008. Ácidos carboxílicos. Consultado el 12 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.quimicaorganica.org/acidos-carboxilicos.html>

Galaz-Ávalos, R., R. Avilez., C. Ucan., J. Chan y V. Loyola. 2012. *Jatropha curcas* una Alternativa para la Obtención de Biodiésel sin Afectar al Sector Alimentario. *Revista BioTecnología* 16(2)

Gerling, D. y R. Mayer. 1995. Bemisia: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management. Intercept Limit 702 p.

Giras, Y. 2014. Shanty, el camino al éxito. Consultado el 6 de septiembre de 2015. Disponible en: <http://www.hazera.mx/tag/shanty/>

Irridelco, S.F. Ventajas del uso de Agribón. Consultado el 28 de Octubre de 2015. Disponible en: <http://www.irridelco.mx/agribon.html>

Morales, J.F. S.F. Proyecto Tropical de Mosca Blanca. 2007. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Cali, Colombia. 23p

Oyuela, D., E. Hernández., S. Samayoa., C. Bueso y O. Ponce. 2012. Guía técnica-ambiental para el cultivo de la *Jatropha curcas* (piñón). Primera edición. Honduras. Caracol Impresiones. 90 p.

Pabón, L. y P. Hernández. 2012. Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 17(2): 194-209.

Pitti Serrano, Q. 2011. Control de adultos de mosca blanca *Bemisia tabaci* con los insecticidas XDE-204, XDE-203, Imidacloprid y Acetamiprid. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 17 p.

Püntener W., 1981 Manual for field Trials in Plant Protection. Segunda edición. Agricultural Division, Ciba-Geigy Limited. (En línea). Consultado 22 de septiembre de 2011. Disponible en <http://www.ehabsoft.com/ldpline/onlinecontrol.htm#SchneiderOrelli>

Ratnadass, A., M. Togola., B. Cissé y J.M. Vassal. 2009. Potential of sorghum and physic nut (*Jatropha curcas*) for management of plant bugs (Hemiptera: Miridae) and cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) on cotton in an assisted trap-cropping strategy. *Journal of SAT Agricultural Research* 7.

Saetae, D. y S. Worapot., 2009. Antifungal Activities of Ethanolic Extract from *Jatropha curcas* Seed Cake. *J.Microbiol Biotechnol.* 2010; 20(2), 319-24.

Seal, S. E., F. Van den Bosch y M.J. Jeger. 2006. Factors Influencing Begomovirus Evolution and Their Increasing Global Significance: Implications for Sustainable Control.

Tapia, G. S.F. Cómo cultivar tomate en un clima que está cambiando. Unidad de Recursos Genéticos de INIA- Quilamapu, Chillán, Chile. p 12-14.

Trujillo, O. 2006. Análisis de pesticidas por cromatografía de gas: un modelo operacional. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Manizales, Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia. 210 pp.

Vázquez, M., R. Outerelo., M. Martinez., P. Gamarra., E. Ruiz y J. Hernandez. 2004. Aula Virtual De Prácticas Deentomología Ambiental y Aplicada.

Velasco, E., R. Nieto y E. Navarro. Cultivo del tomate en Hidroponía e invernadero. 2011. Tercera edición. Universidad Autónoma de Chapingo Editorial Mundi Prensa. 126pp.

Wink, M., C. Koschmieder., M. Sauerwein y F. Sporer. 1997. Phorbol esters of *Jatropha curcas*—Biological activities and potential applications. University of Graz, Austria. P 160-166.

Zuria, E. Boletín de *Bemisia tabaci*, la mosca blanca. 2001. Centro de protección vegetal de Bizkaia. 11p.

7. ANEXOS



Anexo 1. Hojas de Tomate delimitadas e infestadas con ninfas de *B. tabaci*



Anexo 2. . Hojas dañadas en un 100% debido a tratamientos formulados a base de aceite de piñón.