

**EVALUACIÓN DE ISOESPINTANOL AISLADO DE  
*Oxandra cf. xylopioides* (ANNONACEAE) SOBRE *Spodoptera frugiperda*  
J.E. SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

**Benjamín Alberto Rojano<sup>1</sup>; Sergio Andrés Montoya Martínez<sup>2</sup>;  
Francisco Yépez Rodríguez<sup>3</sup> y Jairo Saez Vega<sup>4</sup>**

---

**RESUMEN**

*Se evaluó el efecto biocida del isoespintanol extraído de **Oxandra cf. xylopioides** sobre el gusano cogollero del maíz, **Spodoptera frugiperda**. El isoespintanol fue usado a concentraciones de 100 300 900 y 2700 ppm y aplicado por inmersión de hojas de maíz evaluando sobre larvas del segundo instar. Se determinó el porcentaje de mortalidad a las 24, 48 y 72 horas y se calculó la DL50 y DL90; el análisis de mortalidad demostró que el isoespintanol tiene un efecto tóxico, siendo la dosis de 2700 ppm la que presenta mayor mortalidad. Se determinó una DL50 de 147,07 ppm y una DL90 de 1394 ppm a las 48 horas postratamiento. Estos resultados permitirán avanzar en el estudio y aplicación de insecticidas biológicos para el manejo integrado de plagas.*

**Palabras claves:** Isoespintanol, control biológico, *Spodoptera frugiperda*, *Oxandra cf xylopioides*

---

**ABSTRACT**

**EVALUATION OF ISOESPINTANOL ISOLATED FROM *Oxandra cf. xylopioides* (ANNONACEAE) ON  
*Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

*The biocide effect of isoespintanol extracted from **Oxandra cf xylopioides** was evaluated on the corn earworm **Spodoptera frugiperda**. Isoespintanol at concentrations of 100 300 900 and 2700 ppm was applied by foliar immersion of maize leaves and it was evaluated on larvae of the second instar. Percentage of mortality at 24, 48 and 72 hours was determined and calculated its*

---

<sup>1</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias. A.A 3840, Medellín, Colombia. <brojano@unal.edu.co>

<sup>2</sup> Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <samonto2@unalmed.edu.co>

<sup>3</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <fcyepes@unalmed.edu.co>

<sup>4</sup> Profesor Titular. Universidad de Antioquia. Instituto de Química, A.A 1226, Medellín, Colombia. <jaisav@matematicas.udea.edu.co>

Recibido: Noviembre 11 de 2005; aceptado: Febrero 12 de 2007.

*DL50 and DL90; the mortality analysis demonstrated that compound has toxic effects, being the dose 2700 ppm the one that presented great mortality. A dose DL50 of 147.07 ppm and a DL90 of 1394 ppm to the 48 hours posttreatment was determined. These results will allow to advance in the study and application of biological insecticides directed to the integrated handling of plagues.*

**Key words:** Isoespintanol, biological control, *Spodoptera frugiperda*, *Oxandra cf xylopioides*.

Los isopropilmetilfenoles, como el timol, carvacrol, espintanol y la ( $\pm$ ) schefflona, están asociados con diferentes actividades biológicas como antiparasitarios, antibacteriales, antifúngicos, larvicidas, tripanocida, leismanicida, antioxidantes, entre otras (Hocquemiller *et al.* 1991, Bagamboula Uyttendaele y Debevere 2004, Delgado *et al.* 2004, Nkunya *et al.* 2004, Aeschbach *et al.* 1994). El isoespintanol (2-Isopropil-3,6-dimetoxi-5-metilfenol) es un monofenol extraído del extracto etéreo de las hojas de *Oxandra cf xylopioides* (Annonaceae). Rojano *et al.* 2007a, encontraron que este compuesto a las 3 horas redujo en un 43 % la inflamación inducida por carragenina, en las patas de ratones. Además, redujo la producción de IL-1 $\beta$  (interleuquinas) en un 72 % e inhibió significativamente la síntesis de mRNA de IL-1 $\beta$ . De otro lado, el isoespintanol es un buen antioxidante en diversos ensayos *in vitro*, como la capacidad captadora del radical DPPH (Difenil picril hidracilo), y se comporta además como buen reductor en el método FRAP (Ferric reducing/antioxidant power) (Rojano *et al.* 2007b).

Uno de los factores limitantes en la producción de maíz en Colombia es el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, que además, ataca los cultivos de soya, algodón, arroz, pastos, caña de azúcar, fríjol y tabaco, ocasionando daños directos o indirectos en los cultivos y

actúa como trozador, comedor de follaje y comedor de "mazorcas". Este insecto está distribuido por todo el continente americano y puede encontrarse desde el nivel del mar hasta los 2600 m de altitud (García *et al.* 2002).

El uso indiscriminado de insecticidas químicos de amplio espectro para el control de esta plaga, tales como endosulfan, carbofuran, metamidofos y clorpirifos (Clorinado, Carbamato y órganofosforados, respectivamente), ha favorecido la selección de genes resistentes a estos insecticidas, además de ocasionar efectos negativos sobre la fauna benéfica y de interferir con el equilibrio biológico (Pérez *et al.* 2004). Por esto, en los últimos años, se han usado insecticidas naturales que afectan la biología y el comportamiento alimentario de plagas.

Son muchos los antecedentes de productos naturales usados como biocidas, específicamente monoterpenos. Por ejemplo, Burt 2004, menciona que los compuestos fenólicos como el carvacrol y timol, son los principales responsables de las propiedades antibacteriales de los extractos vegetales de *Sardinian thymus*. Isman Wan y Passreiter 2001, evaluaron sobre *Spodoptera litura* la actividad insecticida de aceites esenciales de *Satureia hortensis*, *Thymus serpyllum* y *Origanum creticum*, encontrando que los monoterpenos fenólicos, timol y

carvacrol, además de ser los mayores constituyentes en *Thymus* y *Satureia*, son los causantes de la acción insecticida sobre este insecto, produciendo más de 90 % de mortalidad a las 24 horas. Anderson *et al.* 1993, probaron una mezcla de seis benzaldehidos y de cinco terpenos como carvacrol, eugenol, nerolidol, fitol y timol, evitando con estos la oviposición de *Spodoptera littoralis*. Regnault y Hamraoui 1995, evaluaron la actividad tóxica de algunos monoterpenos como: p-cimeno,  $\alpha$ -pineno, terpineol, cuminaldehido, cinnamaldehido, anetol, carvacrol, timol, y eugenol sobre *Acanthoscelides obtectus*, una plaga del frijol (*Phaseolus vulgaris*), demostrando que estos afectan tanto la reproducción, como la oviposición y el desarrollo de larvas. Todos los monoterpenos evaluados mostraron efectos tóxicos; sin embargo, el carvacrol, timol, eugenol, y terpineol fueron identificados como los compuestos más eficientes en cuanto a su efecto biocida. Passreiter *et al.* 2004, comentan que el grupo hidrófilo de los compuestos fenólicos podría ser el responsable de la actividad neurotóxica del timol.

En este trabajo, se evaluó la acción biocida del isoespintanol sobre *S. frugiperda*, debido a la similitud estructural de este compuesto con el timol y sus análogos, los cuales han presentado una alta actividad biocida en diferentes reportes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

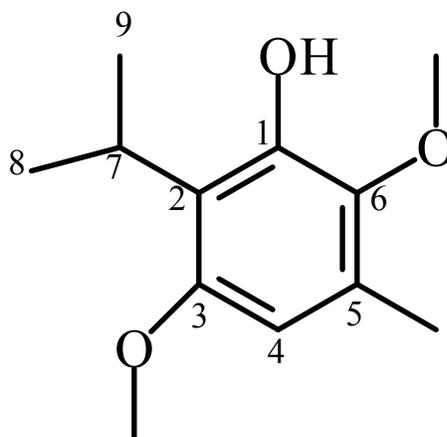
**Material vegetal.** Las hojas de *Oxandra* cf *xylopioides* fueron colectadas en el municipio de Montería (Córdoba) e

identificadas por Francisco Javier Roldan Palacio. Una contramuestra del espécimen con radicado número 037852 se encuentra en el Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe de Medellín (Colombia). De otro lado, el follaje necesario tanto para la alimentación de la cría en laboratorio como para los bioensayos se obtuvo de un cultivo previamente establecido en un lote de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Este cultivo se realizó a libre exposición y en forma escalonada.

**Reactivos.** La sílica gel 60 (Merck 0,063-0,200 mesh) fue usada para cromatografía de columna y para capa fina se usaron placas de sílica gel (Merck 60 F<sub>254</sub> 0,2 mm); las placas fueron reveladas con ácido sulfúrico, ácido acético, agua (60:20: 20) y calentadas a 100-110 °C. El etanol, diclorometano y hexano usados como solventes fueron obtenidos de Merck (Alemania).

**Extracción del isoespintanol.** Se hizo a partir de las hojas secas y molidas de *Oxandra* cf *xylopioides* (1,0 kg) con éter de petróleo por percolación, hasta agotamiento y secadas por rotavaporación (100 g de extracto bruto). El extracto fue sometido a diversas columnas cromatográficas (flash y por gravedad), eluyendo con mezclas de hexano: CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (95:5, 80:20, 70:30) y finalmente recristalizando con hexano (15 g) (1,5 %).

El sólido obtenido fue identificado por diferentes técnicas espectroscópicas, como RMNH<sup>1</sup>, RMNC<sup>13</sup>, COSY, HMBC, HMQC, NOESY y masas; denominado (2-isopropil-3,6-dimetoxi-5-metilfenol), isoespintanol (Figura 1) (Rojano *et al.* 2007a).



**Figura 1.** Estructura del Isoespintanol

**Material insectil.** Para llevar a cabo el bioensayo se estableció una cría de *S. frugiperda* con el fin de obtener un número adecuado de larvas de segundo instar y en óptimas condiciones para el desarrollo de la evaluación. Los insectos requeridos para la cría fueron colectados en el Municipio de Marinilla (Antioquia, Colombia); las larvas fueron individualizadas en recipientes de vidrio de 250 cc y alimentadas con follaje de maíz. Una vez obtenidas las pupas, se tomaron de 10 a 15 y se llevaron a frascos de 2000 ml, utilizados como cámara de apareamiento y oviposición de los adultos. Estos últimos fueron alimentados con soluciones de miel al 20 %, por medio de un algodón empapado. Los huevos obtenidos fueron llevados a cajas de Petri, donde con hojas tiernas de maíz se alimentaron las larvas de primer instar. A estas, se les permitió alimentarse en forma gregaria hasta el inicio del segundo instar, momento en el cual se dejaron aproximadamente por cuatro horas sin alimentación, asegu-

rando que al momento de montar el bioensayo se alimentaran del material vegetal con las diferentes dosis evaluadas (Yépez 2004).

**Bioensayo.** La metodología que se utilizó para evaluar la toxicidad de los tratamientos (100-300-900 y 2700 ppm de isoespintanol en etanol), consistió en la inmersión por tres minutos, de hojas de maíz en las diferentes concentraciones de isoespintanol. Una vez hecha esta inmersión se dejó secar el tejido vegetal por aproximadamente dos minutos, luego se colocaron las hojas de maíz en cajas de Petri, a las cuales se les agregó como sustrato una solución de agar a una concentración de 20 g/l (para propiciar una mayor duración del tejido vegetal). Posteriormente se colocó una larva de segundo instar sobre la hoja para evaluar el efecto del compuesto. Las lecturas del bioensayo se realizaron a las 24, 48 y 72 horas, registrando el porcentaje de mortalidad diaria para cada tratamiento.

Los experimentos se realizaron en el *campus* de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín, a 1560 msnm,  $22 \pm 2$  °C de temperatura y aproximadamente con un 70 % de humedad relativa, que corresponden a la formación ecológica de bosque húmedo premontano (bh-Pm) (García *et al.* 2002).

**Análisis estadístico.** Para la evaluación de las diferentes dosis (100-300-900 y 2700 ppm de isoespintanol en etanol) se realizó un diseño completamente al azar, el cual consistió de seis tratamientos con cuatro repeticiones, incluidos los testigos: testigo absoluto (inmersión en agua destilada) y un blanco del solvente utilizado (inmersión en etanol al 96 %). Cada unidad experimental estuvo compuesta por 10 larvas de segundo instar. Una vez obtenidos los resultados, se sometieron a un análisis estadístico en el programa SAS y para la determinación de la DL50 y DL90 se utilizó la metodología Log-Probit. Las comparaciones entre los efectos de los tratamientos se hicieron mediante análisis de varianza, con un nivel de confianza del 95 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efectividad del compuesto.** En la Tabla 1, se observa que a las 24 horas para las dosis más bajas (100 y 300 ppm) hubo un porcentaje de mortalidad nulo, mientras que para las dosis de 900 y 2700 ppm, el promedio de mortalidad fue del 12,5 %. A las 48 horas para la dosis de 100 ppm se registró un promedio de mortalidad del 25 %, 77,5 % para la dosis 300 ppm y

para las dosis de 900 y 2700 ppm un promedio de mortalidad del 75 % y 85 % respectivamente. Hacia las 72 horas se consiguió el 75 % de mortalidad para la dosis mas baja, 87,5 % para la dosis de 300 ppm, 92,5 % para 900 ppm y un 100 % para la dosis más alta. Se aprecia que los mayores valores y los que presentan una mayor mortalidad se obtienen con la dosis más alta del extracto. Las lecturas de evaluación de mortalidad larval post-tratamiento realizadas a las 24 horas mostraron en todos los bioensayos porcentajes nulos de mortalidad o únicamente porcentajes bajos en las dosis de 900 y 2700 ppm del compuesto evaluado. A partir de las 48 horas se observó un incremento gradual en la mortalidad larval para todas las dosis. Esta variable presentó los niveles más altos en las unidades tratadas con las mayores dosis. El testigo y el blanco presentaron un porcentaje de mortalidad de 7,5 % y 5 % respectivamente, a las 72 horas, los cuales se pueden considerar normales. Los resultados muestran que el isoespintanol, presenta toxicidad sobre las larvas de *S. frugiperda* al ser comparados con los testigos. De esta manera se evidenció la eficacia del isoespintanol a concentraciones mayores de 300 ppm, a partir de las 48 horas y se considera promisorio para el control de esta larva de Lepidoptera. La importancia del grupo hidroxilo (O-H) en los compuestos fenólicos, se hace evidente en la actividad antibacterial del carvacrol y otros análogos; la capacidad biocida de estos compuestos se debe a la capacidad que tienen para atravesar la membrana citoplasmática y provocar reacciones de intercambio de protones, afectando el pH interno y

disminuyendo así, la síntesis de ATP. Se puede pensar que el isoespintanol dada su similitud estructural con el carvacrol debe actuar de manera similar (Ultee, Bennik y Moezelaar 2002).

**Tabla 1.** Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en respuesta a la acción biocida del isoespintanol.

Tiempo (Horas)	Repeticiones	24		48		72	
		% Mortalidad	% Fuga	% Mortalidad	% Fuga	% Mortalidad	% Fuga
Testigo	1	0	10	0	0	10	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	10	0	10	10	0
	4	0	0	0	0	10	0
Blanco	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	10	0
	3	0	0	0	0	10	0
	4	0	0	0	0	0	0
100	1	0	10	30	0	60	10
	2	0	20	10	0	70	0
	3	0	10	20	0	90	0
	4	0	0	40	0	80	10
300	1	0	10	80	0	90	0
	2	0	10	90	0	90	0
	3	0	20	60	0	80	0
	4	0	10	80	0	90	0
900	1	10	0	60	0	100	0
	2	20	20	80	0	80	0
	3	0	0	100	0	100	0
	4	20	10	60	0	90	0
2700	1	30	0	100	0	100	0
	2	0	10	80	0	100	0
	3	10	0	80	0	100	0
	4	10	10	80	10	100	0

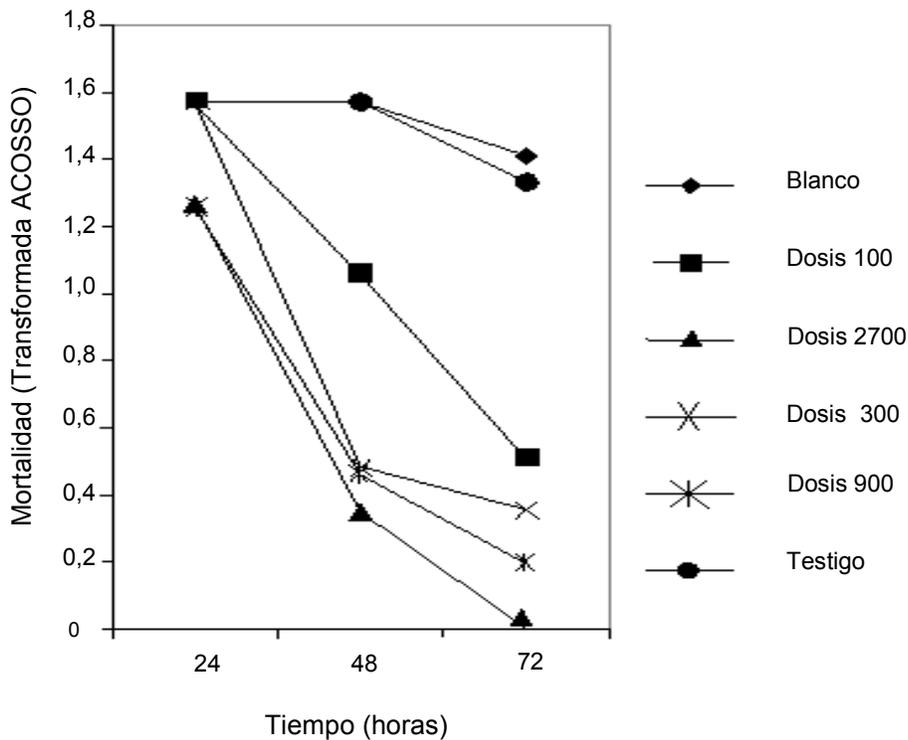
**Mortalidad de *Spodoptera frugiperda*.**

**Análisis de varianza.** En la Tabla 2, la interacción tratamiento/hora resultó ser estadísticamente significativa, por lo tanto, existen diferencias entre los tratamientos y las horas evaluadas cuando se analizan en conjunto. La

explicación de esta interacción se puede observar en la Figura 2, donde la dosis de 2700 ppm no se diferencia estadísticamente con la dosis de 900 ppm excepto a las 72 horas, en la que muestra un mejor desempeño, aumentando significativamente la mortalidad.

**Tabla 2.** Análisis de varianza para las variables consideradas en la evaluación de la acción biocida del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Prueba de efectos fijos tipo 3				
Efecto	GL Nu	GL De	Valor F	P > F
Tratamiento	5	18	94,60	<.0001
Hora	2	36	163,2	<.0001
Tratamiento * hora	10	36	12,32	<.0001



**Figura 2.** Efecto del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Al evaluar la mortalidad a las 24 horas (Tablas 3 y 4), se encontró que las causadas por la dosis de 900 ppm y 2700 ppm, se diferencian estadísticamente de las demás dosis y tratamientos; en esta hora de evaluación las dosis más bajas se diferencian de los testigos. A las 48 horas se distinguen tres agrupaciones de tratamientos, los que tiene la media de mortalidad más alta son las dosis 300, 900 y 2700 ppm, entre estas no existen diferencias estadísticamente significativas, pero al compararlos con la dosis de 100 ppm, el blanco y el testigo (Tablas 5 y 6). Finalmente, a las 72 horas, el tratamiento con mayor porcentaje de mortalidad es el que

presenta una mayor dosis, diferenciándose estadísticamente de las otras concentraciones evaluadas, que también se diferencian de los tratamientos control.

**Análisis probit.** Se tomó como prueba de ajuste del modelo la prueba de Chi Cuadrado (Tabla 3), la cual indica que entre más cercana a "Uno", mayor ajuste de los datos. La prueba mostró un ajuste satisfactorio en el sentido en que se acerca a uno; evidentemente, el modelo ajustado no explica muy bien la dosis letal media y noventa (Tabla 4), debido a que las dosis no han expresado su potencial de mortalidad a las 24 horas.

**Tabla 3.** Prueba de ajuste a las 24 horas, para la acción biocida del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Prueba de Bondad de Ajuste			
Estadístico	Valor	GL	P > ChiSq
Pearson Chi-Square	8,7301	13	0,7930
L.R. Chi - Square	9,2414	13	0,7545

**Tabla 4.** DL50 y DL90 a las 24 horas, del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Análisis Probit sobre dosis			
Probabilidad	Dosis (ppm)	Intervalos de confianza 95 %	
0,50	2569	1663	5747
0,90	25867	9501	306621

A las 48 horas, el modelo no se ajusta convenientemente a los datos (Tabla 5), es posible que se deban seleccionar otros rangos de concentración para evaluar regiones en el dominio de las dosis que puedan modelar mejor una función de mortalidad probit. La concentración letal media a las 48

horas (Tabla 6), se encuentra en la región de dosis explorada con una dosis media de 147,07 ppm, y un intervalo de confianza del 95 % entre 26,76 ppm y 293,9 ppm. Este intervalo se puede considerar demasiado alto, debido a que se deben refinar los métodos de evaluación de mortalidad,

aumentar el tamaño de muestra y el dominio de las dosis estudiada. A las 72 horas, según la prueba de Chi Cuadrado (Tabla 7), el modelo se ajusta convenientemente a los datos, sólo que las concentraciones letales tiene muy incrementado el término del error puesto que las observaciones son muy

desviadas del promedio. Las dosis letales se calcularon (Tabla 8), pero no fue posible hacerlo para los intervalos de confianza, ya que algunas observaciones al transformarse a la función probit fueron negativas y no fue posible calcular el error estándar para construir los intervalos.

**Tabla 5.** Prueba de ajuste a las 48 horas para la acción del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Estadístico	Prueba de Bondad de Ajuste		
	Valor	GL	P > ChiSq
Pearson Chi-Square	30,5972	14	0,0063
L.R. Chi-Square	34,5224	14	0,0017

**Tabla 6.** DL50 y DL90 a las 48 horas del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Análisis Probit sobre dosis			
Probabilidad	Dosis (ppm)	Intervalos de Confianza 95%	
0,50	147,0715	26,769	293,9
0,90	1394	651,25	1304

**Tabla 7.** Prueba de ajuste a las 72 horas para la acción biocida del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Estadístico	Prueba de Bondad de Ajuste		
	Valor	GL	P > ChiSq
Pearson Chi-Square	2,5579	12	0,9979
L.R. Chi-Square	3,3257	12	0,9928

**Tabla 8.** DL50 y DL90 a las 72 horas del isoespintanol sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Análisis Probit sobre dosis			
Probabilidad	Dosis (ppm)	Intervalos de Confianza 95%	
0,50	80,35237	-	-
0,90	101,76115	-	-

Céspedes *et al.* 2005, aislaron de *Myrtillocactus geometrizans* L (Cactaceae), esteroides como peniocerol, macdougallina y chichipegenina; los cuales causaron mortalidad en *S. frugiperda* a partir de 50 a 300 ppm, los compuestos fueron suministrados por ingesta directa en una dieta específica. De igual manera, Vergara *et al.* 1997, utilizaron extractos de *Melia azederach* (Meliaceae) con rangos muy amplios (100-10000 ppm) de acción sobre *S. frugiperda*, en este caso la aplicación de los compuestos fue similar a la empleada en este trabajo. Al comparar con los resultados obtenidos se puede sugerir que el isoespintanol es un compuesto con un alto potencial biocida contra *S. frugiperda*.

### CONCLUSIONES

El óptimo de lectura de mortalidad larval es a partir de las 48 horas post-tratamiento, por presentar los porcentajes de mortalidad más consistentes. Las larvas de *S. frugiperda* se afectan o mueren cuando son alimentadas con material vegetal expuesto con el isoespintanol; comparando contra blancos sin el compuesto.

Los mayores porcentajes de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* se lograron con las dosis más altas (900 y 2700 ppm) de isoespintanol. Para calcular el intervalo de confianza fue necesario conocer el error estándar; por lo tanto, se descarta el muestreo realizado a las 72 horas para determinar la DL50 y DL90 y se asumen como valores de estas variables, los valores presentados a las 48 horas, los cuales fueron de

147,07 ppm y 1394 ppm, respectivamente. Es necesario realizar un mayor número de ensayos, aumentando el tamaño de las muestras y el número de dosis estudiadas; además, se hace importante a futuro estudiar el metabolismo del isoespintanol en *S. frugiperda*. Estos resultados permitirán avanzar en el estudio y aplicación de plaguicidas biológicos como una contribución a la formulación de un programa de manejo integrado de *S. frugiperda*, para poder interpretar mejor el mecanismo de acción.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la División de investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (DIME), por la financiación del trabajo, a través del proyecto: 20201006167, Vicerrectoría de investigación, Universidad Nacional de Colombia (Convocatoria Nacional de Investigación).

### BIBLIOGRAFIA

Aeschbach, R.; Loliger, J.; Scott, B. C.; Murcia, A.; Butler, J.; Halliwell, B. and Aruoma, O. I. 1994. Antioxidant actions of thymol, carvacrol, 6-gingerol, zingerone and hydroxytyrosol. En: Food Chemistry and Toxicology. Vol. 32, no. 1; p. 31-36.

Anderson, P.; Hilker, M.; Hansson B.; Bombosch, S.; Klein, B. and Schildknecht, H. 1993. Oviposition deterring components in larval frass of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae): A behavioural and electro-

- physiological evaluation. En: Journal of Insect Physiology (United Kingdom). Vol. 39, no. 2; p. 129-137.
- Bagamboula, C. F.; Uyttendaele, M. and Debevere, J. 2004. Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. En: Food Microbiology. Vol. 21, no.1; p. 33-42.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods: a review. En: International Journal of Food Microbiology. Vol. 94; p. 223-253.
- Céspedes, C. L.; Salazar, R.; Martínez, M. and Aranda, E. 2005. Insect growth regulatory effects of some extracts and sterols from *Myrtillocactus geometrizans* (Cactaceae) against *Spodoptera frugiperda* and *Tenebrio molitor*. En: Phytochemistry. Vol. 66, no. 20; p. 2481-2493.
- Delgado, B.; Fernández, P. S.; Palop, A. and Periago, P. M. 2004. Effect of thymol and cymene on *Bacillus cereus* vegetative cells evaluated through the use of frequency distributions. En: Food Microbiology. Vol. 21, no. 3; p. 327-334.
- García, F.; Mosquera, M.; Vargas, C. y Rojas, L. 2002. Control biológico, microbiológico y físico de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), plaga del maíz y otros cultivos de Colombia. En: Revista Colombiana de Entomología. Vol. 28. no.1; p. 53-60.
- Hocquemiller, R.; Cortes, D.; Arango, G.J.; Myint, S.H.; Cave, A.; Angelo, A.; Munoz, V. and Fournet, A. 1991. Isolement et synthese de l'espintanol, nouveau monoterpene antiparasitaire. En: Journal of Natural Product. Vol. 54, no. 2; p. 445-452.
- Isman, M., Wan, A. and Passreiter, C. 2001. Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. En: Fitoterapia. Vol. 72; p. 65-68.
- Nkunya, M. H. H.; Jonker, S.; de Gelder, R.; Wachira, S. and Kihampa, Ch. 2004. ( $\pm$ )-Schefflone: a trimeric monoterpene from the root bark of *Uvaria scheffleri*. En: Phytochemistry. Vol. 65; no. 4; p. 399-404.
- Passreiter, C.; Wilson, J.; Andersen, R. and Isman, M. 2004. Metabolism of thymol and trans-anethole in larvae of *Spodoptera litura* and *Trichoplusia ni*. (Lepidoptera: Noctuidae). En: Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 52; p. 2549-2551.
- Pérez, R.; Rodríguez, C.; Lara, J.; Montes, R. y Ramírez, G. 2004. Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). En: Acta Zoológica Mexicana. Vol. 20, no. 1; p. 141-152.
- Regnault, R. and Hamraoui, A. 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Journal of Stored Products Research. Vol. 31, no. 4; p. 291-299.
- Rojano, B.; Figadére, B.; Pérez, E.; Martin, M. T.; Recio, M. C.; Giner, R.;

- Schinella, G.; Ríos, J. L. and Sáez, J. 2007. Constituents of *Oxandra* cf. *xylopioides* with antiinflammatory activity. En: Journal of Natural Product Vol. 70, no. 5; p. 835 - 838
- Rojano, B.; Ortiz, E.; Gil, M. A.; Notario, R.; Schinella, G.; Saez, J. and Quijano, J. 2007. Experimental and theoretical determination of the antioxidant properties of isoespintanol (2-Isopropyl-3,6-dimethoxy-5-methylphenol). En: Journal of Natural Product. (Pre-press).
- Trombetta, D.; Castelli, F.; Sarpietro, M.; Venuti, V. Cristani, M.; Daniele, C.; Saija, A.; Mazzanti, G. y Bisignano, G. 2005. Mechanisms of antibacterial action of three monoterpenes. En: Antimicrobial Agents and Chemotherapy. Vol. 49, no. 6; p. 2474–2478.
- Ultee, A.; Bennik, M. H. H.; and Moezelaar, R. 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. En: Applied and Environmental Microbiology. Vol. 68, no. 4; p. 1561–1568.
- Vergara, R.; Escobar, C. y Galeano, P. E. 1997. Potencial insecticida de extractos de *Melia azederach* L. (Meliaceae). Actividad biológica y efectos sobre *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. En: Revista Facultad Nacional de Agro-nomía, Medellín. Vol. 50, no. 2; p. 97-129.
- Yépez R., F. 2004. Métodos de control de plagas en Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 150 p.