

EXTRACTO CLOROFÓRMICO DE *Salvia ballotiflora*, UNA ALTERNATIVA PARA EL MANEJO INTEGRADO DEL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797 (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Luis Ricardo León-Herrera¹✉, Miguel A. Ramos-López¹, Víctor M. Mondragón-Olguín², Sergio Romero Gomez¹, Juan Campos-Guillen¹ y Gabriela Lucas-Deecke³

¹Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas s/n, Las Campanas, C. P. 76230. Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

²Centro de Excelencia Agilent Technologies México. Insurgentes Sur 1602, C. P. 03940, México, D. F.

³Centro de Innovación de Agricultura Sostenible en Pequeña Escala. Carretera estatal libre 431, tramo entronque México/Querétaro-los Cues, kilómetro2 + 780, Colonia El Colorado, C. P. 76246, el Marqués, Querétaro

✉ Autor de correspondencia: leonhe.qa@gmail.com

RESUMEN. El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera-Noctuidae) es una plaga de cultivos del continente americano, en especial del maíz. Dicha problemática ocasiona que los productores recurran a insecticidas químicos-sintéticos, acción que repercute en la salud pública y el medio ambiente, estos problemas han despertado el interés en emplear otras alternativas para el manejo integrado de ésta plaga. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad insecticida e insectistática del extracto clorofórmico de *Salvia ballotiflora* a concentraciones de 0; 500; 1,000; 2,000; 4,000 y 5,000 ppm en el ciclo biológico del insecto. Mostrando una relación inversamente proporcional en la duración larval y pupal al aumentar la concentración del extracto; y al disminuir el peso de las pupas al aumentar la concentración del mismo. Estos resultados sugieren que el extracto clorofórmico de *S. ballotiflora* puede utilizarse como una alternativa en el manejo integrado de *S. frugiperda*.

Palabras clave: Actividad insecticida, actividad insectistática, viabilidad larval, viabilidad pupal.

Chloroformic extract of *Salvia ballotiflora*, an alternative for integrated management of corn armyworm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT. The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* it's a pest that affect crops from the American continent, especially maize. Such a problem causes the producers utilize synthetic chemical-insecticides, which causes many problems with public health and the environment, those problems had awakened the interest in different alternatives to control the integrated management of the pest. So, the objective of this job was evaluated the insecticide and insectistatic activity from the chloroformic extract from *Salvia ballotiflora* at concentrations of 0; 500; 1,000; 2,000; 4,000 and 5,000 ppm in the biological cycle of this insect. Showing a invert proportional relation in the larval and pupal time increasing the concentration of the extract and lowing the pupas weight increasing the concentration of the extract. These results suggest the chloroformic extract of *S. ballotiflora* could be used as a tool in the integrated management of the *S. frugiperda*.

Keywords: Insecticide activity, insectistatic activity, larval viability, pupal viability.

INTRODUCCIÓN

La larva de *Spodoptera frugiperda* o mejor conocida como el gusano cogollero del maíz es un insecto perteneciente al orden Lepidoptera y a la familia Noctuidae (Von Mérey *et al.*, 2012). Es un insecto fitófago y es originario de las regiones tropicales del continente Americano, se distribuye desde Argentina hasta los Estados Unidos (Cruz *et al.*, 2012). Su amplio repartimiento, aunque limitado a los climas cálidos, cubre grandes áreas geográficas debido a la capacidad de dispersión de los adultos que con ayuda de fuertes vientos ha permitido extenderse rápidamente a muchas de sus especies huéspedes (Bullangpoti *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2013). Es un insecto holometábolo, es decir, tiene una metamorfosis completa (Villegas Mendoza y Rosas García,

2013). Las larvas neonatales, se alimentan del corion de los huevecillos de donde nacen y después comienzan a alimentarse de las hojas jóvenes de la planta, mismas que la protegen de factores adversos, en los instares posteriores se alimentan de las estructuras reproductivas, tales como el meristemo de crecimiento (cogollo) o las flores (Barros *et al.*, 2010; Hardke *et al.*, 2015).

El gusano cogollero es una plaga importante del maíz y de otros cultivos trascendentales de América, hasta ahora se conocen alrededor de 60 cultivos de importancia económica a los que ataca, tales como, la soya (*Glicine max*), el algodón (*Gossypium hirsutum*), el arroz (*Oryza sativa*) y el sorgo (*Sorgum vulgare*). Es sumamente perjudicial en lugares con clima tropical, ya que la larva no entra en diapausa (Carvalho *et al.*, 2013; Hay *et al.*, 2013; Storer *et al.*, 2012). En los campos de maíz de Brasil se ha observado que puede reducir el rendimiento desde un 15 hasta un 73 %, estimando que se pierden más de 400 millones de dólares anualmente (Cruz *et al.*, 2012), en Nicaragua las pérdidas van desde un 45 hasta un 60 % (Belay, *et al.*, 2012), en Argentina se han reportado pérdidas del 17 al 72 % (Murúa *et al.*, 2015); en éste mismo sentido Estados Unidos gasta más de 80 millones de dólares anualmente para el control de insectos plaga en el sorgo, siendo *S. frugiperda* uno de los principales insectos plaga de dicho cultivo (Soper *et al.*, 2013). En diversas entidades de la República Mexicana se han observado pérdidas en el rendimiento del maíz desde un 13 hasta el 60 % (Flores y Figueroa, 2010; SENASICA, 2009). El uso de insecticidas químicos sintéticos es la estrategia más utilizada para su control (Carvalho *et al.*, 2013); sin embargo, su uso desmedido provoca la contaminación del agua y suelo, las plagas desarrollan resistencia a estos compuestos y además tiene efectos adversos en la salud de quien los suministra o consume (Carrillo *et al.*, 2013; San Blas *et al.*, 2015).

Por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad insecticida e insectistática del extracto clorofórmico de *Salvia ballotiflora* en contra del gusano cogollero del maíz, *S. frugiperda*.

MATERIALES Y MÉTODO

Preparación de extractos. Se recolectaron partes aéreas (hoja, tallo y flores) de *S. ballotiflora*, en el municipio de Tenancingo, Estado de México, ubicado entre las coordenadas de 18° 57' 5'' y 19° 02' 25'' latitud norte y entre 98° 35' 45'' y 99° 38' 37'' longitud oeste a una altura promedio de 2,020 msnm. Para la obtención de los extractos se utilizó como solvente cloroformo (J. T. Baker®) grado reactivo y las partes aéreas de *S. ballotiflora* realizando el siguiente procedimiento.

Primeramente las partes aéreas de cada planta se dejaron secar a la sombra durante 20 días a temperatura ambiente y, posteriormente se pulverizaron en un molino. Consecutivamente se colocaron 200 g del polvo pulverizado en un matraz bola de un litro agregando 600 ml de cloroformo o metanol, la mezcla se colocó en posición de reflujo durante cuatro horas y se filtró al vacío en un matraz Kitasato de dos litros con un embudo Buchner y posteriormente se eliminó el disolvente a presión reducida usando un rotoevaporador usando el método de extracción con modificaciones propuesto por Romero *et al.* (2012).

Insectos. La cría de insectos se logró gracias a la colecta de larvas que se realizó en el Centro de Innovación de Agricultura Sostenible en Pequeña Escala. Posteriormente las larvas se trasladaron al Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro y se criaron según la metodología de Bergvinson y Kumar (1997), hasta obtener una nueva generación de larvas.

Bioensayos. Para los bioensayos se prepararon dietas a base de maíz y frijol, con concentraciones de extracto de 5 000, 4 000, 2 000, 1 000, 500 y 0 ppm. Para realizar dichas dietas, el extracto anteriormente mencionado se redisolvió en cloroformo y se agregó polivinilpirrolidona (PVP) grado alimenticio a una proporción peso/peso de PVP: extracto (5:1) para después evaporar

completamente el solvente en un rotoevaporador, de esta manera el extracto se volvió soluble en agua y se preparó cada dieta según la técnica de Bergvinson y Kumar (1997). Siendo el control negativo una mezcla de la dieta sin extracto con una cantidad igual de PVP de la dieta más concentrada. Posteriormente se colocaron individualmente larvas de segundo instar en vasos de plástico del No. 0, junto con un gramo de dieta. Cada concentración se tomó como un tratamiento, en las cuales cinco larvas se consideraron como unidad experimental, junto con cuatro repeticiones. Es decir, 20 larvas por tratamiento. Las larvas se colocaron en una cámara climática a 25 ± 2 °C, $70 \% \pm 5$ % de humedad relativa, y un fotoperiodo de 12:12 h de luz: oscuridad revisando el desarrollo de las larvas cada tercer día hasta la llegada del 6° instar del control, a partir de ese momento se siguieron observado las larvas diariamente hasta la emergencia del último adulto de cada tratamiento. Las variables a evaluar fueron la viabilidad larval y pupal; la duración larval y pupal; así como el peso de las pupas logradas.

Análisis estadístico. Se realizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas de homocedasticidad y normalidad para posteriormente someterlos a un análisis de varianza de una vía y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), (Ato *et al.*, 1990) con el paquete estadístico SYSTAT 8; SPSS Inc.: Chicago, IL, USA, 1990.

La Viabilidad Larval (VL50) se obtuvo por medio de una regresión Logit con el mismo paquete estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El extracto clorofórmico de *S. ballotiflora* presentó actividad insecticida desde las 500 ppm. En el Cuadro 1 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

Cuadro 1. Actividad insecticida del extracto clorofórmico de *Salvia ballotiflora* contra *Spodoptera frugiperda*

Tratamiento	Viabilidad (%)	
	Larval	Pupal
5,000	20 ± 9.18^{bc}	10 ± 6.88^{bc}
4,000	35 ± 10.94^{bc}	25 ± 9.93^{bc}
2,000	55 ± 11.41^{bc}	45 ± 11.41^{bc}
1,000	70 ± 10.51^b	55 ± 11.41^b
500	80 ± 9.18^b	70 ± 10.51^b
0	100 ± 0^a	95 ± 5.0^a
VL ₅₀	$2.8162 \times 10^3 (2.2114-3.5743 \times 10^3) \mu\text{g ml}^{-1}$	

Los resultados son el promedio de 20 mediciones \pm error estándar. Valores seguidos de un * son significativamente diferentes al control. (Prueba de Tukey, $p < 0.05$).

La viabilidad larval observada para 0, 500, 1 000, 2 000, 4 000 y 5 000 ppm fueron de 100, 80, 70, 55, 35 y 20 % mientras que la viabilidad pupal fue de 95, 70, 55, 45, 25 y 10 %, respectivamente y una VL₅₀ de 2 816 ppm

Además de la actividad insecticida, el extracto mostro actividad insectistática. La evolución en el desarrollo biológico del insecto mostró que hubo un aumento en la duración de la fase larval y pupal, es decir, la influencia en el aumento de la concentración de extracto en la dieta fue directamente proporcional a la duración en d de la etapa tanto larval como pupal. En el caso de la duración larval el aumento en d fue de 13.5, 8.6, 6.82, 4.29 y 2 d con respecto al testigo (0), para 5 000, 4 000, 2 000, 1 000 y 500 ppm, respectivamente; mientras que en la duración pupal fue de 5.67, 3.77, 2.73, 2.44 y 1.31 días para 5 000, 4 000, 2 000, 1 000 y 500 ppm, respectivamente. Por otro lado el peso de las pupas aumento gradualmente conforme disminuía la concentración de extracto en las dietas, lo que muestra que probablemente los extractos también poseen actividad antialimentaria en las larvas de *S. frugiperda*. La disminución del peso de las pupas con respecto

al control de cada tratamiento fue del 47.87 al 24.78, 20.15 y 11.34% para 5 000, 4 000, 2 000 y 1 000 ppm, respectivamente. En el Cuadro 2 se muestra el resumen de la actividad insectistática.

Cuadro 2. Actividad insecticida e insectistática del extracto clorofórmico de las partes aéreas de *Salvia ballotiflora* contra *Spodoptera frugiperda*

Tratamientos Ppm	Duración (d)		Peso pupa (mg)
	Larva	Pupa	
5,000	35.5 ± 1.44 ^{bc}	15.5 ± 0.5 ^{bc}	120.0 ± 11.92 ^{bc}
4,000	30.6 ± 0.84 ^{bc}	13.6 ± 0.25 ^{bc}	173.6 ± 10.12 ^{bc}
2,000	28.82 ± 0.69 ^{bc}	12.56 ± 0.18 ^{bc}	183.8 ± 10.18 ^{bc}
1,000	26.29 ± 0.47 ^b	12.27 ± 0.14 ^b	204.07 ± 5.74 ^b
500	24.0 ± 0.66 ^b	11.14 ± 0.29 ^b	220.8 ± 3.39 ^b
0	22.0 ± 0.67 ^a	9.83 ± 0.17 ^a	230.16 ± 4.59 ^a

Los resultados son el promedio de 20 mediciones ± el error estándar. Literales diferentes entre los tratamientos significa que existe diferencia significativa (Prueba de Tukey, $p < 0.05$).

Otros métodos que se han propuesto para el control de *S. frugiperda*, es el uso de elicitors de plantas, para incrementar la producción de compuestos volátiles que son detectados por insectos herbívoros y que además usan los insectos parasitoides como señal para detectar la ubicación de sus presas, un caso particular de éste último es la avispa *Euplectrus platyhypenae* (Hymenoptera: Eulophidae), que aunque ha tenido resultados positivos, son poco alentadores (Hay *et al.*, 2013; Mérey *et al.*, 2012); una distinta herramienta es el uso de plantas genéticamente modificadas, en este sentido podemos mencionar al maíz Bt, que expresa una proteína con potencial insecticida, llamada Cry1F. Sin embargo en el 2013 en Brasil, se encontró que la larvas expuestas por varias generaciones a ésta variedad de maíz desarrollaban resistencia a dicha proteína (Monnerat *et al.*, 2015); el uso de trampas con hormonas sexuales ha sido utilizado para monitorear la aparición de nuevas generaciones de *S. frugiperda*, de esta manera, se puede inferir la población y el lugar de aparición, logrando tomar medidas preventivas a inicios de la infestación (Cruz *et al.*, 2012); se ha reportado que el uso de la avispa *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammidae) como agente biológico para el control del gusano cogollero, reduce las poblaciones de larvas logrando aumentar el rendimiento a 701 Kg ha⁻¹ en contraste con el control (Corrêa *et al.*, 2015). A pesar de existir, todas estas redes de relaciones ecológicas, tanto parasitarias como comensalistas, el problema radica en que son procesos coevolutivos de cientos de años y por tanto muy específicos entre las distintas especies participantes, razón por la que se puede pensar que estos métodos de control son insatisfactorios a largo plazo y son de espectro corto, así mismo, es difícil encontrar un agente de control endémico a las distintas regiones (Cherman *et al.*, 2014).

Por otro lado, resultados obtenidos con insecticidas de origen botánico como los mostrados por Hosseini y Hashemi (2013), nos indican que el aceite esencial de *Salvia leriifolia* (Lamiaceae) posee actividad insecticida; contra el gorgojo del granero, *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae), y el barrenador del grano *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae); de la misma manera Souguir (2013), registró que el aceite esencial de las hojas de *Salvia officinalis* (Lamiaceae) tiene actividad insecticida contra *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera-Noctuidae). Estos estudios muestran que el género *Salvia* es un buen candidato para la obtención de extractos botánicos que pueden utilizarse en el manejo integrado de plagas.

CONCLUSIÓN

El extracto clorofórmico de *Salvia ballotiflora* presentó actividad insecticida e insectistática contra la larva del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*; a concentraciones de 0; 500; 1,000; 2,000; 4,000 y 5,000 ppm con una viabilidad larval de 100, 80, 70, 55, 35 y 20 %; y una

viabilidad pupal de 95, 70, 55, 45, 25 y 10 %, respectivamente y una Viabilidad Larval Media (VL50) de 2,816 ppm por lo que, dicho extracto puede utilizarse como una alternativa para el manejo integrado de dicho gusano.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo brindado, así como al Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas de la Facultad de Química (UAQ) por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo y al Centro de Innovación de Agricultura Sostenible en Pequeña Escala por su participación en el presente trabajo.

Literatura Citada

- Ato, G. M., Lopez, P. J., Velandrino, N. A. y M. J. Sanchez. 1990. *Estadística Avanzada con el paquete Systat*, 3rd ed.; Secretariado de Publicaciones Universidad de Murcia; Murcia, Spain, 264 p.
- Barros, E. M., Torres, J. B., Ruberson, J. R., and M. D. Oliveira. 2010. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 137(3): 237–245.
- Belay, D. K., Huckaba, R. M., and J. E. Foster. 2012. Susceptibility of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae), at Santa Isabel, Puerto Rico, to Different Insecticides. *Florida Entomologist*, 95(2): 476–478.
- Bergvinson, D. J. y H. Kumar. 1997. Cría masiva de insectos en el laboratorio de entomología del CIMMYT (*Diatrea grandiocealla*, SWCB; *Diatrea saccharalis*, SBC; *Spodoptera frugiperda*, FAW y *Helicoverpa zea*, CEW). In: Annual Research Progress Report 1996, Maize Entomology. CIMMYT, México. Appendix 7.
- Bullangpoti, V., Wajnberg, E., Audant, P. and R. Feyereisen. 2012. Antifeedant activity of *Jatropha gossypifolia* and *Melia azedarach* senescent leaf extracts on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their potential use as synergists. *Pest Management Science*, 68(9): 1255–1264.
- Carrillo-Benítez, M. G., Guzmán-Franco, A. W., Alatorre Rosas, R. and J. N. Enríquez-Vara. 2013. Diversity and Genetic Population Structure of Fungal Pathogens Infecting White Grub Larvae in Agricultural Soils. *Microbial Ecology*, 65(2): 437–449.
- Carvalho, R. A., Omoto, C., Field, L. M., Williamson, M. S. and C. Bass. 2013. Investigating the Molecular Mechanisms of Organophosphate and Pyrethroid Resistance in the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Plos One*, 8(4): 1–11. doi.org/10.1371/journal.pone.0062268.
- Cherman, M. A., Morón, M. A., Dal Prá, E., Valmorbidia, I., and J. V. C. Guedes. 2014. Ecological Characterization of White Grubs (Coleoptera: Melolonthidae) Community in Cultivated and Noncultivated Fields. *Neotropical Entomology*, 43(3): 282–288.
- Corrêa-Figueiredo, M. de L., Cruz, I., Braga da Silva, R. and J. E. Foster. 2015. Biological control with *Trichogramma pretiosum* increases organic maize productivity by 19.4%. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3): 1175–1183.
- Cruz, I., de Lourdes, M., Figueiredo, C., da Silva, R. B., da Silva, I. F., Paula, C. D. and J. E. Foster. 2012. Using sex pheromone traps in the decision-making process for pesticide application against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* [Smith] [Lepidoptera: Noctuidae]) larvae in maize. *International Journal of Pest Management*, 58(1): 83–90.
- Flores, O. y V. Figueroa. 2010. *Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego*. Folleto Técnico No. 30. Campo experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. Calera, Zacatecas. 49 p.
- Hardke, J. T., Jackson, R. E., Leonard, B. R., and J. H. Temple. 2015. Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Development, Survivorship, and Damage on Cotton Plants Expressing Insecticidal Plant-Incorporated Protectants. *Journal of Economic Entomology*, 108(3): 1086–1093.
- Hardke, J. T., Lorenz, G. M. and B. R. Leonard. 2015. Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Ecology in Southeastern Cotton. *Journal of Integrated Pest Management*, 6(1): 1–8. doi.org/10.1093/jipm/pmv009.

- Hay Roe, M. M., Meagher, R. L. and R. N. Nagoshi, 2013. Effect of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) strain and diet on oviposition and development of the parasitoid *Euplectrus platyhyphenae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biological Control*, 66(1): 21–26.
- Hosseini, B., Estaji, A. and S. M. Hashemi. 2013. Fumigant toxicity of essential oil from *Salvia leriifolia* (Benth) against two stored product insect pests, *Australian Journal of Crop Science*, 7(6): 855–860.
- Mérey von, G. E., Veyrat, N., de Lange, E., Degen, T., Mahuku, G., Valdez, R. L. and M. D’Alessandro, (2012). Minor effects of two elicitors of insect and pathogen resistance on volatile emissions and parasitism of *Spodoptera frugiperda* in Mexican maize fields. *Biological Control*, 60(1): 7-15.
- Monnerat, R., Martins, E., Macedo, C., Queiroz, P., Praça, L., Soares, C. M. and A. Bravo. 2015. Evidence of Field-Evolved Resistance of *Spodoptera frugiperda* to Bt Corn Expressing Cry1F in Brazil That Is Still Sensitive to Modified Bt Toxins. *Plos One*, 10(4): 1–12. doi.org/10.1371/journal.pone.0119544
- Murúa, M. G., Nagoshi, R. N., Dos Santos, D. A., Hay-Roe, M. M., Meagher, R. L. and J. C. Vilardi. 2015. Demonstration using field collections that argentina fall armyworm populations exhibit strain-specific host plant preferences. *Journal of economic entomology*, 108(5): 2305–2315.
- Romero, C., Pérez, S., Ramos, M. Á., Zavala, M. Á. and E. Sánchez. Insecticidal activity of kramecyne isolated from *Krameria cytisoides* against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Agricultural Science Research Journal*, 2(9): 493–498.
- San-Blas, E., Rosales C. and A. Torres. Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests. Pp. 375–402. In: Campos-Herrera, R. (Ed.). *Entomopathogenic Nematodes in Tropical Agriculture: Current Uses and Their Future in Venezuela* Springer International Publishing.
- SENASICA. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Programa de trabajo de la campaña manejo fitosanitario de maíz, a operar, con recursos del componente sanidad e inocuidad del programa de soporte, 2009. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?iddocumento=11683&idurl=16564>. (Fecha de consulta: 30-I-2015)
- Soper, A. M., Whitworth, R. J. and B. P. Mccornack. 2013. Sorghum seed maturity affects the weight and feeding duration of immature corn earworm, *Helicoverpa zea*, and fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in the laboratory. *Journal of Insects Science*, 13: 1–15.
- Souguir, S., Chaieb, I., Cheikh, Z. B. and A. Laarif. 2013. Insecticidal activities of essential oils from some cultivated aromatic plants against *Spodoptera littoralis* (Boisd). *Journal of Plant Protection Research*, 53(4): 388–391.
- Storer, N. P., Kubiszak, M. E., Ed King, J., Thompson, G. D. and A. C. Santos. 2012. Status of resistance to Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: Lessons from Puerto Rico. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110(3): 294–300.
- Villegas Mendoza, A. J. M. and N. M. Rosas García. 2013. Visual and Gustatory Responses of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera :Noctuidae) Larvae to Artificial Food Dyes. *Florida Entomologist*, 96(3): 1102–1106.
- Von Mérey, G. E., Veyrat, N., Lange, E. De, Degen, T., Mahuku, G., Valdez, R. L., and M. D’ Alessandro. 2012. Minor effects of two elicitors of insect and pathogen resistance on volatile emissions and parasitism of *Spodoptera frugiperda* in Mexican maize fields. *Biological Control*, 60(1): 7–15.