

Valoración de métodos convencionales y no convencionales para el control del taladrador de las meliáceas en América

Evaluation of conventional and non-conventional methods for the control of shoot borers in America

Bayron Alexander Ruiz ^{a,b*}, Juan Carlos Tamayo ^a, Melida Martínez ^b, Henry Hernán Medina ^b, Eduardo Salcedo ^a, Efrén Hernández ^c, Carlos Alexis Palacios ^b, José Antonio Silva ^a, Ricardo González ^a

*Autor de correspondencia. ^aUniversidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, Km. 15,5, Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, C.P. 45010, Zapopan, Jalisco, México, tel: +52 (33) 3682 0110, fax: +51 (33) 3682 0643, toxbombaso@yahoo.es

^bUniversidad Tecnológica del Chocó “Diego Luis Córdoba”, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Ciencia Animal y Recursos Agroforestales, Quibdó, Chocó, Colombia.

^cUniversidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Forestal, Zapopan, Jalisco, México.

SUMMARY

In the present review article, a recapitulation of recent research made with the purpose of decreasing the negative effect produced by the insects *Hypsipyla grandella* and *Hypsipyla robusta* (shoot borers) on seedlings of the Meliaceae family is presented, highlighting the mahogany (*Swietenia macrophylla*) and the cedar (*Cedrela odorata*) that are considered of high commercial importance due to the structure and quality of their wood in the forestry industry. *Hypsipyla* spp. has been identified as a potential plague and of commercial interest, as it attacks plants in their first life stages. This attack induces excessive branching, deformation of the stem and in the worst cases the death of the affected seedlings in monospecific plantations. The use of chemical agents (insecticides and pheromones), shade regulation on plantations, implementation of good forestry practices, biological control and the combination of plants with allelopathic principles against the plague in forestry cultures are some of the alternatives evaluated *in situ* and *ex situ* for the control or extermination of this plague that for many years has been the object of study of researchers.

Key words: *Cedrela odorata*, commercial importance, monospecific plantations, pests, *Swietenia macrophylla*.

RESUMEN

En el presente artículo de revisión se hace una recapitulación de investigaciones recientes que se han realizado con el propósito de disminuir el efecto negativo producido por los insectos *Hypsipyla grandella* e *Hypsipyla robusta* (taladrador de los brotes tiernos) en plántulas pertenecientes a la familia de las meliáceas, destacando la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el cedro (*Cedrela odorata*), consideradas de suma importancia comercial por su estructura y calidad de la madera en la industria forestal, se ha identificado a *Hypsipyla* spp. como una plaga potencial y de interés comercial por atacar a las plantas en los primeros estadios de vida, puesto que el ataque induce a la formación excesiva de ramas, malformación de fustes y, en el peor de los casos, la muerte de las plántulas afectadas en plantaciones monoespecíficas, desde el uso de agentes químicos (insecticida y feromonas), manejo de la sombra en plantaciones, implementación de buenas prácticas silviculturales, control biológico y la combinación de plantas con principios alelopáticos hacia la plaga en cultivos forestales, son algunas de las alternativas evaluadas *in situ* y *ex situ* a fin de controlar o erradicar la plaga que por muchos años ha sido objeto de estudio por investigadores.

Palabras clave: *Cedrela odorata*, importancia comercial, plagas, plantaciones monoespecíficas, *Swietenia macrophylla*.

INTRODUCCIÓN

Los taladradores *Hypsipyla grandella* [Zeller, 1848] e *Hypsipyla robusta* [Moore, 1886] (Lepidoptera: Pyralidae) son plagas potenciales y económicamente importantes porque atacan los brotes tiernos terminales y en algunas ocasiones el fuste (Taveras *et al.* 2004) de los individuos

arbóreos pertenecientes a la familia de las meliáceas (importantes en los mercados madereros a nivel mundial) como la caoba (*Swietenia macrophylla* King) y el cedro (*Cedrela odorata* L.) (Howard y Merida 2007, Missouri Botanical Garden 2014) durante los primeros tres años de establecimiento donde la proporción de plantas atacadas puede alcanzar más del 90 % dentro del sistema de siem-

bra utilizado (Newton *et al.* 1998). El potencial reproductivo de *H. grandella* no es tan alto en comparación a otras plagas forestales, por lo que este tipo de insecto no requiere de altas poblaciones para causar daños serios (Hilje y Cornelius 2001).

La distribución geográfica de la plaga coincide notablemente con la del hospedero, reportándose *H. grandella* desde el sur de la Florida, gran parte de las islas Indias Occidentales, México, Centroamérica (Costa Rica) (Wightman *et al.* 2005) y América del Sur (Argentina, Brasil, Colombia y Uruguay) a excepción de Chile; e *H. robusta* en el oriente y occidente de África, Asia y el Pacífico (Griffiths 2001, Howard y Merida 2007). Especialmente en Venezuela se encuentra reportada en la lista de insectos de importancia forestal (Briceño 2002).

Los métodos convencionales más aplicados para el control de *H. grandella* involucran el uso de insecticidas químicos como el deltametrina al 2,8 % (Goulet *et al.* 2005); sin embargo, existen evidencias que demuestran las ventajas ecológicas cuando se emplean extractos etanólicos de madera y hojas de *Quassia amara* L. (Mancebo *et al.* 2000), bioplaguicidas a base de neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) asociados a tecnologías de manejo silvícolas en plantaciones (podas, raleos, densidad de siembras, etc.). Los plaguicidas de síntesis química son ecológicamente inadmisibles por producir efectos desfavorables sobre los organismos benéficos, desarrollando resistencia en insectos, hongos, bacterias, malezas y posibles consecuencias para la salud humana, además del aumento de la contaminación ambiental (Martínez-Vento *et al.* 2010).

El objetivo de la presente revisión es evaluar la eficacia los métodos aplicados en campo y laboratorio tanto convencionales como no convencionales en el control del taladrador de las meliáceas a través del análisis de resultados; producto de las diversas investigaciones que se han desarrollado en América, de relevancia en la actualidad, tomando como referencia el efecto de las técnicas hacia el control del insecto y las tendencias en el futuro sobre la revalidación de los métodos convencionales con perspectivas en el manejo integrado de plagas. De este modo, se proporciona un panorama general y actual sobre el manejo sostenible de plagas económicamente importantes para el sector forestal.

ENSAYO DE CONTROLES CONVENCIONALES Y SUS EFECTOS EN *HYPSSIPYLA* SPP.: CONTROL QUÍMICO

Wylie (2001) identifica un listado de 51 plaguicidas químicos que se utilizaron en el control de *H. grandella* durante ocho décadas en varios países a nivel mundial, denotando la eficacia de ello en su momento; a pesar de ello, aún no existía una tecnología de aplicación de esos productos químicos que ofreciera fiabilidad, rentabilidad y protección del medio ambiente; por tal motivo reflexiona sobre el uso de dichos productos de manera limitada en la

cual recomienda la protección de las plantas en el vivero o como parte de un programa de manejo integrado de plagas.

Mediante revisiones bibliográficas realizadas por Macías (2001) enfatiza su estudio en las interacciones químicas entre el insecto taladrador y el hospedero, hallando evidencias sobre la presencia de feromonas involucradas en el apareamiento de *H. grandella* y en la atracción de las hembras por los compuestos volátiles (aceites esenciales) de los hospedantes (caobas y cedros) por ende expresa que el uso de sustancias semioquímicas brindarán un control alternativo en especies lepidópteras plagas; corroborado por Mareggiani (2001) que identifica el uso de metabolitos secundarios de algunas plantas, que tienen la capacidad de intervenir en la comunicación química entre organismos mencionando el árbol de *A. indica*.

Por otro lado, Maiocco *et al.* (2008) revelan un método de control efectivo para la plaga. El ensayo se realiza en un bosque secundario de 20 años, con plántulas de vivero en macetas, donde implementan 12 transecto de 2 m de ancho y 100 m de largo, distanciados 10 m entre sí. Los tratamientos evaluados son: a) aplicación de insecticida sistémico; b) poda manual correctiva; c) aplicación de insecticida de contacto y d) testigo. Para los casos en mención, el tratamiento que brinda mejores resultados hasta un 100 % de eficacia en el control del insecto plaga es mediante la aplicación del insecticida de contacto alfacipermetrina al 6 %

En ese sentido, Cuéllar *et al.* (2009) efectúan diferentes muestreos sistemáticos durante un año, a fin de identificar los periodos de mayor ocurrencia *H. grandella* en plantaciones de *Cedrela* spp., así como el control de las mismas mediante la aplicación de productos químicos; donde se determina que el mes de noviembre en las condiciones climáticas existentes, es el de mayor incidencia de la plaga, y los de baja presencia son los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril; siendo controladas con insecticidas de alto espectro como thiodicarb al 80 %, triflumuron el 48 % y dixiston y metamidofos al 48 % .

ENSAYO DE CONTROLES NO CONVENCIONALES Y SUS EFECTOS EN *HYPSSIPYLA* SPP.: SILVICULTURAL Y DE MANEJO EDAFOLÓGICO

Mahroof *et al.* (2000) realizan un estudio sobre el desarrollo de brotes en *S. macrophylla* bajo condiciones de alta y baja sombra, donde encuentran que a menor cantidad de sombra se mejoraban las características de los brotes (mayor tamaño y cantidad) y a mayor incidencia de la sombra se observaban brotes menos aptos; planteando la posibilidad de control para *H. robusta* por medio de los anteriores factores, puesto que el insecto tiene preferencia por los brotes de buenas características, siendo estos atractivos para la hembra en el momento de la ovoposición. No obstante, Mahroof *et al.* (2001) revalidan lo anterior y le adicionan a su experimentación el componente de la sombra a mediana exposición en condiciones naturales y con-

troladas (simulando el ataque a los brotes), determinando que a menor proporción de sombra se presenta un mayor número de ataques y daños ocasionados a los brotes de la planta por el insecto; por consiguiente, Mahroof *et al.* (2002) evalúan el efecto de la sombra artificial sobre la oviposición de la hembra en el hospedero, revelando que a baja sombra se presenta mayor oviposición ($87,1 \pm 1,8$) que a mayor exposición de luz ($27,4 \pm 1,5$). Además de lo anterior, detectan que la velocidad de crecimiento de las larvas es mayor a sombra media y alta ($0,1 \text{ mm día}^{-1}$) que en la sombra baja ($0,06 \text{ mm día}^{-1}$) y los túneles larvales en sombra alta son mayores ($12,0 \pm 2,4 \text{ cm}$), que en sombra baja ($7,07 \pm 1,9 \text{ cm}$). Lopes *et al.* (2008) reportan un caso diferente en las áreas de ataque por la plaga concentrándose el 58 % en los tallos de *S. macrophylla*; aquella respuesta se atribuye al arreglo y densidad de siembra de las plantaciones comerciales donde se presentan menor cantidad de iluminación en el intermedio de los árboles (directa, indirecta o lateral, y total).

Otros autores como Sánchez- Soto *et al.* (2009) valoran la incidencia de la sombra al 0 %, 40 % y 80 % sobre *H. grandella* y otros insectos asociados a las plantaciones de *S. macrophylla*. En concordancia con las investigaciones antes descritas, en plantas con 0 % de sombra se concentró una mayor proporción de *H. grandella*. Con los tres porcentajes de sombra estudiados, la incidencia de *Phyllocnistis meliacella* [Becker, 1974], *Antaeotricha ribbei* [Zeller, 1877] y *Clastoptera laenata* [Fowler, 1898] es similar y en plantas con 40 % y 80 % de sombra se presenta solamente *Exophthalmus* sp., las plantas con 0 % y 40 % de sombra, tienden a ser atacadas mayormente por *Heliothrips haemorrhoidalis* [Bouché, 1833]. La ausencia de sombra en *S. macrophylla* en etapa juvenil constituye una condición favorable en la presencia de *H. grandella*; por el contrario, crea un ambiente que no es propicio especialmente para la presencia de *Exophthalmus* spp.

En general, el efecto de la sombra sobre los brotes de *S. macrophylla* influye notablemente en la sobrevivencia de *H. grandella* reduciendo la cantidad y la extensión de los daños, además de afectar el ciclo de vida del insecto en relación al número de huevos depositados; y el desarrollo y tamaño de las larvas; sin embargo, se debe establecer un punto de equilibrio en el manejo de este componente, ya que puede ser determinante (desfavorablemente) en la calidad y cantidad de brotes terminales formados en *S. macrophylla*, provocando la concentración del ataque del insecto en otras partes de la planta según lo mencionan Taveras *et al.* (2004).

Las podas. La primera poda de formación en árboles, se deben realizar a partir de los dos años, punto en el cual disminuye notablemente el ataque de *Hypsipyla* spp. con el objetivo de corregir los daños causados y evitar así los puntos de pudrición que acortan la vida del árbol disminuyendo la calidad y volumen de la madera. Para el caso de la segunda poda debe realizarse al cuarto o quinto año hasta 2/3 de

altura total; para entonces, los fustes tendrán en promedio 8 m y la altura de poda será de 5 m en promedio para obtener por lo menos dos trozas aserrables (Vega 1981).

Vega (1981) realiza algunos experimentos en plantaciones de *C. odorata*, indicando que después del periodo de susceptibilidad al ataque del *H. grandella* (cinco años en *C. odorata*) es necesario podar, para obtener árboles con fustes de alta calidad. Mediante la poda precoz, se eliminan las bifurcaciones y los brotes adventicios desarrollados después del ataque, con excepción del más vigoroso que debe continuar el crecimiento en altura. A los 41 meses, los árboles podados de *C. angustifolia* en plantaciones a campo abierto alcanzaron 7,41 m de altura, mientras que los no podados solo 2,50 m. En el experimento en bosque secundario, los podados midieron 2,65 m y los no podados 1,22 m de altura; por lo tanto, las podas en los brotes terminales posibilitan el control del taladrador *H. grandella*.

Cornelius (2001) alude que después de 29 meses de edad en la plantaciones conformadas por árboles podados y no podados, no se observan diferencias significativas con respecto a la altura, diámetro basal y diámetro a la altura del pecho de la plantas, mientras que si existen esas diferencias en la calidad ($P > 0,09$, prueba de signos) y la altura de la primera bifurcación (0,012, prueba de rangos con signo de Wilcoxon); la poda se efectúan posteriormente al ataque del taladrador donde remueven los brotes infectados después de haber perdido la succulencia inicial y que estando lignificados siendo menos propenso a ser atacados. La decapitación predictiva de brotes de *S. macrophylla* suele ser un método que puede influir en la selección artificial (genética) para encontrar árboles que presenten mayor tolerancia a los ataques de *H. grandella* (Cornelius 2009) no obstante, Martínez-Vento *et al.* (2010) aplican las podas de saneamiento como un mecanismo preventivo frente al insecto plaga dentro de las plantaciones, eliminando ramas débiles, enfermas o que representen alguna competencia infra específica en el árbol. A la postre, aplican una poda de formación para la eliminación de ramas donde se dejan aquellas que permitieran la obtención de un tronco de buena calidad y más resistente a la penetración del insecto.

Establecimiento de plantaciones y manejo nutricional. Santos *et al.* (2015) analizan la bioecología y presencia de *H. grandella* en plantaciones de *C. odorata* establecidas en monocultivos y cultivos mixtos, expresando que la mayor incidencia de *H. grandella* se dio en las plantaciones y parcelas monocultivadas en comparación a las mixtas (1,8 % y 12 %, respectivamente) siendo los brotes (nuevos y apicales) la estructura de la planta mayormente afecta. Bioecológicamente, el ciclo de la plaga es de 42 - 56 días en condiciones controladas de temperatura y humedad; y adicionalmente la supervivencia final hasta la emergencia del adulto es del 70 %, asumiendo que la mortalidad se relaciona a la falta de alimento, temperatura ($26 \text{ °C} - 30 \text{ °C}$), humedad (65 % - 80 %) e intensidad lumínica.

Calixto *et al.* (2015) relacionan la factibilidad del manejo nutrimental del suelo en una plantación *C. odorata* y la ocurrencia de *H. grandella*, aplicando nitrógeno, fósforo y potasio durante un año, donde se realizan evaluaciones periódicas en campo de crecimiento en altura y diámetro e incidencia de la plaga encontrando respuestas positivas en el crecimiento de la planta mediante la aplicación de nitrógeno. Los efectos que se presentan en el crecimiento por los tratamientos de fertilización, reflejan que las dosis aplicadas de los nutrimentos ya sea de manera individual o combinada, no mejora el balance nutrimental de los árboles y, por ende, no se favorecen mecanismos de defensa que permitan a las plantas una reducción considerable en la presencia de la plaga, siendo contrarios a los experimentos realizados en *Pinus leiophylla* Schlecht *et Cham* y su plaga principal. La tendencia mostrada por el potasio en la reducción del número de ataques, se atribuye al efecto que tiene el mineral sobre la reducción del ataque de plagas y enfermedades.

Por consiguiente, Silva *et al.* (2015) evalúan el contenido de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn) en la materia seca del tallo y las hojas en plántulas en *S. macrophylla* bajo el aumento en los niveles de cal y boro, y su efecto en *H. grandella* empleando cuatro niveles de cal (0,5, 1,0, 1,5 y 2,0 Mg ha⁻¹) y cuatro niveles de boro (1, 2, 3, y 4 mg kg⁻¹ de sustrato); el contenido nutrimental en las plántulas se influye positivamente por la interacción de boro y la cal, el tratamiento más apropiado es de 1,5 Mg ha⁻¹ cal por 1,0 mg kg⁻¹ de boro aunque no fueron estadísticamente significativos ($P < 0,05$) en el control del insecto plaga.

CONTROL BIOLÓGICO: USO DE AGENTES PARASITARIOS, PLANTAS CON POTENCIAL ALELOPÁTICO Y MANEJO DE LA TEMPERATURA EN EL CONTROL DE *HYPSPYLA* SPP.

Sánchez y Velázquez (1998) estudian el efecto del hongo *Beauveria bassiana* Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes) y la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berliner sobre *Hypsipyla* spp. en una plantación de 10 meses de establecida con *C. odorata* en el que probaron tres secuencias de aplicación: Aplicación cada uno, tres y seis meses de la bacteria y el hongo. Con la aplicación de *B. bassiana* cada mes y tres meses, lograron neutralizar las larvas del insecto en un 71 % al igual que la aplicación de *B. thuringiensis* (91 % y 67 %, respectivamente). El número de daños causado por el insecto en la plantación se redujo en un 75 % utilizando el hongo y la bacteria como mecanismo de control. El crecimiento de los árboles es influenciado por el daño causado por la plaga y otros factores como los agroecológicos y ambientales; En definitiva, los autores declaran que la aplicación de los agentes biológicos en mención, debe realizarse en periodos de alta humedad para *B. bassiana* y en el inicio de las temporadas de lluvia para *B. thuringiensis* ya que ello, favorecen el crecimiento del hongo y la bacteria evitando su senescencia.

Avanzando en la evaluación de técnicas para el control de *H. grandella* Taveras *et al.* (2004), en medio in vitro, utilizaron 200 huevos frescos de *H. grandella* menores a 24 horas de edad poniéndolos individualmente dentro de frascos de vidrio, donde se expusieron a siete temperaturas constantes: 10 °C, 12,5 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C y 35 °C en cámaras ambientales de 80 % a 90 % de humedad relativa y 8L: 16D fotoperíodo, es decir, ocho horas de luz y 16 h de oscuridad. Después de la eclosión, las larvas se alimentan con follaje tierno de *C. odorata* inspeccionándolas cada 24 horas para determinar la duración de las larvas y pupas, y la emergencia de adultos. En cada temperatura comprueban que, si influyó en el desarrollo de las etapas de desarrollo larval de *H. grandella* y la emergencia de los adultos. El tiempo de desarrollo varía entre 30 días (30 °C) y 104 días (15 °C) siendo la mortalidad larvaria muy elevada a esas temperaturas, alcanzando valores de 90 % (15 °C) y 45 % (30 °C); además, la mortalidad del primer estadio larval fue relativamente alta (51 % a 75 %), para todas las temperaturas en el rango de 15 °C a 30 °C, excepto a 25 °C (14 %).

Posteriormente, Taveras *et al.* (2004) observan la presencia de parasitoides *Bracon chontalensis* [Cameron, 1887], *Brachymeria conica* [Ashmead, 1904], *Apanteles* sp. y *Dolichogenidea* sp. que causaron una mortalidad del 30 % del insecto en el proceso de la experimentación, siendo esta una medida insuficiente en la regulación efectiva de las poblaciones de *H. grandella* en plantaciones de *S. macrophylla*.

Goluet *et al.* (2005) evalúan el efecto de las malezas *Panicum máximum* Jacquin, *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst, *Hyparrhenia rufa* Nees, *Lantana camara* L., *Mimosa tenuiflora* [Willd] Poiret, *Sorghum halepense* [L.] Pers e *Hyptis pectinata* L. en un sistema Taungya utilizando maíz como cultivo. Observan que las parcelas donde se dejó crecer la maleza al natural (control) y maleza controlada (en filas) disminuye significativamente la cantidad de ataques provocados por *H. grandella* en árboles de *Swietenia humilis* Zucc. (un año de edad) representando una proporción de árboles atacados de 0,008 para el control, 0,018 para la maleza en filas, 0,052 con ausencia de maleza y 0,140 para el sistema Taungya. En el mismo estudio valoran tres sustancias: Deltamenthrin 2,5 % (1,9 g L⁻¹), aceite de neem (*A. indica*) a 5 mL L⁻¹ y polvo de *B. thuringiensis*, a 250 g ha⁻¹ aplicándola por aspersión a los árboles de dos años durante 11 semanas. Los resultados evidencian que el Deltamenthrin ese el tratamiento más efectivo con 0 % de árboles atacados y no hubo diferencia significativa entre *A. indica* (12 %) y *B. thuringiensis* (17 %); mientras el control recibe ataques de hasta 44 %.

Silva (2007) demuestra la eficacia de *A. indica*, como barreras naturales en el control de *H. grandella* en plantaciones de *S. macrophylla* formadas mono específicas e intercaladas con *A. indica*; en cada parcela se plantan 66 árboles, midiendo solamente las plantas centrales (36 en total); finalmente establece cuatro tipos de plantaciones: a) plantaciones de *S. macrophylla* mono específicas (P1); b)

plantación de *S. macrophylla* mezclado (33 de *S. macrophylla* y 33 de *A. indica* (P2) c) de *S. macrophylla* mixta (21 de *S. macrophylla* y 45 de *A. indica*) (P3); d) *S. macrophylla* mixta (15 de *S. macrophylla* y 51 de *A. indica*) (P4), determinado que las plantas de *A. indica* en masas mixtas, no impiden el ataque de *H. grandella* pero si lo retrasan; por lo tanto, las plantaciones mono específica de *S. macrophylla* contribuye a la intensificación intensiva del insecto; no recomendando este modelo de cultivo a nivel comercial, por lo tanto, Silva *et al.* (2013) argumenta que los mayores ataques por el insecto se concentra en los periodos más bajos de lluvias (junio a noviembre) incrementando en los últimos meses del año, y las barreras de *A. indica* intercaladas con *Toona ciliata* MJ Roem. son eficaces en el control del taladrador en el primer año de establecimiento de la plantación, afirmando que las plantaciones de *S. macrophylla* sin *A. indica* son más susceptibles a la incidencia de la plaga.

Del mismo modo, Soto *et al.* (2007) cultivan in vitro el *C. odorata* añadiendo al medio extractos de *A. indica*, *Quassia amara* (madera), *Ruta chalepensis* L. (hojas) y *Sechium pittieri* (Cogn.) C. Jeffrey (frutos), haciendo comparaciones con un insecticida comercial (carbofurano), a fin de inhibir el ataque del taladrador se presentó una translocación sistémica efectiva de los compuestos, hasta llegar a las hojas de los explantes, consecutivamente estas se dieron a comer a larvas de *H. grandella*, e identifican que el insecticida comercial presentó los niveles más altos de mortalidad y de persuasión del apetito, mientras que los extractos de plantas presentaron niveles intermedios, destacando el de *A. indica* con niveles de mortalidad similares al carbofurano; de ahí que Martínez-Vento *et al.* (2010) comparan el efecto de *A. indica* contra la poda y el insecticida Dysiston G-10, para el control de *H. grandella* en plantaciones de *C. odorata*, observando que entre los dos primeros tratamientos no aprecian diferencia estadística en cuanto al número de ataques, número de bifurcaciones, pérdida de altura y altura de la primer bifurcación; dando mejores resultados que el insecticida comercial.

Posteriormente, Barboza *et al.* (2010) usan el extracto crudo (liofilizado) de *Ruta chalepensis* en combinación con agua, hexano, diclorometano y acetato de etilo a diferentes concentraciones (%w/v); identificando un efecto fagodisuasivo en larvas de *H. grandella* en la tercera etapa de desarrollo al estar en contacto con las hojas de *C. odorata* tratadas con diferentes combinaciones del extracto. Los resultados señalan que los mejores tratamientos son aquellos donde la concentración de extracto fue la más alta, ya que el consumo de hojas disminuyó notablemente. El análisis químico del extracto muestra que los posibles metabolitos responsables de la fagodisuasión son alcaloides, triterpenos, cumarina y rutina (flavonoide). Ahora bien, Pérez *et al.* (2010) injertan brotes de *C. odorata* y *S. macrophylla* en árboles resistentes (*Khaya senegalensis* Desr. A. Jus y *T. ciliata*), las hojas resultantes, así como extractos de hojas injertadas y no injertadas, se dan de comer a las larvas de *H. grandella* en el segundo instar. Entre

80 % y 100 % de mortalidad se presentó en las larvas que se alimentaron con las hojas de *T. ciliata* y de la combinación entre *C. odorata* y *T. ciliata* siendo el mejor tratamiento para combatir las larvas.

Pérez-Flores *et al.* (2012) utilizan especies resistentes y no resistentes para comparar el efecto de los alcaloides, limonoides y fenoles presentes en las hojas de *C. odorata* y *T. ciliata*, afectando diferentes aspectos en las larvas: los limonoides reducen la supervivencia; los alcaloides disminuyen el consumo de hojas, el peso de las larvas y el tiempo requerido para pasar de pupa a adulto, destacándose los alcaloides de *T. ciliata* y los fenoles de *C. odorata*. En el caso de las plantas injertadas deducen que sus alcaloides provocan un 20 % de adultos con formación anormal de alas.

Balachander *et al.* (2012) prueban el hongo *Metarhizium anisopliae* Metschnikoff en larvas de *Hypsipyla robusta* en el segundo instar. Encontraron que una de las cepas aisladas a partir de *Paliga machoeralis* Walker (IWST-Ma7) dio los mejores resultados de 6 a 7 días de supervivencia de las larvas y un rendimiento de 4,7- 4,9 conidios mL⁻¹, y una LD₅₀ con valor de 2,6 % (5 mg mL⁻¹). Las esporas de *M. anisopliae* producen un ataque enzimático, ocasionando la hidrólisis de la cutícula de las larvas mientras que los primeros instares de *Hypsipyla* spp. son más susceptibles a la acción de este tipo de patógenos.

Retomando anteriores ensayos, Paul y Weber (2013) establecen un intercultivo de *C. odorata* con *Zea mays* L., *Cajanus cajan* L., *Manihot esculenta* Crantz., *Phaseolus vulgaris* L. y *Oryza sativa* L., a fin de percibir alguna disminución de las poblaciones del insecto, la velocidad de infestación y la cantidad de ataques proporcionados al cultivo por de *H. grandella*. Los resultados señalan que el *P. vulgaris* y *O. sativa* no proporcionan algún mejoramiento significativo en la reducción de las poblaciones del insecto y su accionar en el cultivo base, mientras los otros vegetales dan buenos resultados en el control del taladrador.

A nivel biológico, Zaché *et al.* (2010) generan el primer informe de *Trichospilus diatraeae* [Cherian *et* Margabandhu, 1942] (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando pupas de *H. grandella*; no obstante, Zaché *et al.* (2013) avanzan en el reconocimiento de insectos biocontroladores, reportando a *Palmistichus elaeisis* [Delvare *et* LaSalle, 1993] (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando nuevamente las pupas del taladrador de las meliáceas; las pruebas se llevan a cabo en sistemas controlados donde se establecieron las plantas de *S. macrophylla* que posteriormente fueron inoculadas con larvas de *H. grandella* hasta parasitarla.

Finalmente, Pinto *et al.* (2014), identifican a *Phanerotoma bennetti* [Muesebeck, 1955] (Hymenoptera, Braconidae, Cheloniinae) como un nuevo controlador de *H. grandella* e *H. ferrealis* en árboles de andiroba (*Carapa procera* DC), siendo un aporte significativo e importante para ser implementado como parte de la gestión en el manejo integrado de plagas en meliácea, aunque se deba estudiar los enemigos naturales que restrinjan el accionar del insecto plaga.

CONCLUSIONES

Se destaca que la valoración de métodos en el control del taladrador de la meliáceas se ha centrado en la búsqueda de alternativas económicamente viable y ecológicamente sostenible en relación al medio ambiente, tomando mayor auge la tipificación de elementos importantes dentro de un mismo ecosistema con principios activos que certifiquen el control silvicultural y biológico del insecto plaga en plantaciones forestales y agroforestales de meliáceas.

Parte de las investigaciones relacionadas expuestas, se ubican en el control prematuro de las larvas del insecto a nivel de laboratorio, avalando un sistema de factores controlados que a la postre han sido muy efectivos bajo esas condiciones, pero en campo no se obtienen los resultados esperados. Tanto el manejo de la sombra, la temperatura, la introducción de especies vegetales con principios semioquímicos, el uso de hongos, bacterias e insectos parasitarios de las larvas, se siguen evaluando con significancias positivas en comparación a los métodos convencionales. Se ha comprobado que el manejo nutrimental el suelo y las meliáceas no es significativo en el control de las poblaciones de *Hypsipyla* spp.

Analizando la interacción de los métodos no convencionales bajo un mismo sistema, se hace evidente realizar nuevos ensayos exploratorios en campo, a fin de identificar las ventajas y desventajas que pudiesen surgir en el desarrollo fisiológico de las plantas en agroecosistemas altamente modificados; puesto que la calidad de la madera depende de las condiciones edafológicas, climáticas, sanitarias y la naturaleza biológica del individuo arbóreo de interés.

Al evaluar los diferentes métodos, se deduce que el mejor para el control de la plaga debe ser aquel que presente selectividad (sin afectar organismo benéfica), sea menos agresivo en el ecosistema donde se aplique (métodos químicos), eficientes en tiempo de control y costos con resultados inmediatos; sin embargo, obtener un método con las características anteriores requerirá de mayor demanda investigativa en campo y laboratorio, con ello revierte de valor agregado enfatizar en el futuro el prospecto de la biotecnología ligada a la producción de plantas inmunes a plagas forestales importantes sin la afectación del recurso maderable de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Los Autores agradecen recíprocamente a los miembros académicos y responsables directos de las universidades: Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Departamento de Madera, Celulosa y Papel y el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Producción Forestal; y la Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba", Facultad de Ingenierías, Vicerrectoría de investigación, al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias) y el Consejo

Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por permitir la formación de personal altamente calificado en el área académica y de investigación.

REFERENCIAS

- Balachander M, OK Remadevi, TO Sasidharan, NS Bai. 2012. Virulence and mycotoxic effects of *Metarhizium anisopliae* on Mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Forestry Research* 23(4): 651-659.
- Barboza J, L Hilje, J Durón, V Cartín, M Calvo. 2010. Fagodisuasión de un extracto de ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae) y sus particiones sobre larvas de *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). *International Journal of Tropical Biology and Conservation* (58): 1-14.
- Briceño A. 2002. Lista de insectos de importancia forestal en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 46: 27-34.
- Calixto C G, MA López, A Equihua, DE Lira, VM Cetina. 2015. Crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandella* en respuesta al manejo nutrimental. *Bosque* 36(2): 265-273.
- Cornelius J. 2009. The utility of the predictive decapitation test as a tool for early genetic selection for *Hypsipyla* tolerance in big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Forest Ecology and Management* 257(8): 1815-1821.
- Cornelius J. 2001. The effectiveness of pruning in mitigating *Hypsipyla grandella* attack on young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) trees. *Forest Ecology and Management* 148(1-3): 287-289.
- Cuéllar G, V Perera, A González, L Periaña. 2009. Comportamiento y control de la *Hypsipyla grandella* Zeller en plantaciones de *Cedrela odorata* L. (Cedro) en condiciones Cubanas. *Cuba Tabaco Ciencias Técnicas* 10(1): 3-8.
- Goulet E, A Rueda, A Shelton. 2005. Management of the mahogany shoot borer *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), through weed management and insecticidal sprays in 1- and 2-year-old *Swietenia humilis* Zucc. plantations. *Crop Protection* 24(9): 821-828.
- Griffiths M. 2001. The biology and ecology of *Hypsipyla* shoot borers. In Floyd RB, C Hauxwell eds. *International Workshop on Hypsipyla shoot borers in Meliaceae*, 20-23 August 1996. ACIAR Proceedings No. 97. p. 74-80.
- Hilje L, J Cornelius. 2001. Es inmanejable *Hypsipyla grandella* como plaga forestal. Manejo Integrado de Plagas. Turrialba. *Hoja técnica del CATIE* 18: 1-4.
- Howard F, M Merida. 2007. El taladrador de las meliáceas, *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae: Phycitinae). Florida, Estados Unidos. University of Florida, Department of Entomology and Nematology. 11p.
- Lopes J, S Jennings, N Matni. 2008. Planting mahogany in canopy gaps created by commercial harvesting. *Forest Ecology and Management* 255(2): 300-307.
- Martínez-Vento N, J Estrada-Ortiz, F Góngora-Rojas, R López-Castilla, L Martínez-González, S Curbelo-Gómez. 2010. Bioplaguicida de *Azadirachta indica* A. Juss (Nim) y la poda, una alternativa para el control de *Hypsipyla grandella* Zeller en plantaciones de *Cedrela odorata* L. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(1): 61-68.
- Maiocco D, A Stehr, J Agostini, J Heck, M Padilla. 2008. Ensayos de control cultural y químico del barrenador (*Hypsipyla grandella*) en plantaciones de cedro misionero (*Cedrela fis-*

- silis*). In XIII Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Argentina. 5 p.
- Macías J. 2001. Interacciones químicas entre *Hypsipyla grandella* y sus plantas hospedantes. *Manejo Integrado de Plagas* 60: 15-21.
- Mahroof R, C Hauxwell, J Edirisinghe. 2000. Responses of *Swietenia macrophylla* (King) seedlings to different sizes of canopy openings in mixed mahogany plantations. *Tropical Agricultural Research* 12: 127-137.
- Mahroof R, C Hauxwell, J Edirisinghe, A Watt, A Newton. 2002. Effects of artificial shade on attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla robusta* (Moore). *Agricultural and Forest Entomology* 4(4): 283-292.
- Mahroof R, C Hauxwell, P Jayanthi. 2001. Variation in pattern of attack by *Hypsipyla robusta* (Moore) and recovery of seedlings following simulated *Hypsipyla* damage on *Swietenia macrophylla* (King) grown under different light conditions. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)* 28: 35-49.
- Mancebo F, L Hilje, G Mora, R Salazar. 2000. Antifeedant activity of *Quassia amara* (Simaroubaceae) extracts on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera:Pyralidae) larvae. *Crop Protection* 19(5): 301-305.
- Mareggiani G. 2001. Manejo de insectos plaga mediante sustancias semioquímicas de origen vegetal. *Manejo Integrado de Plagas* 60: 22-30.
- Missouri Botanical Garden. 2014 *Swietenia macrophylla*. Consultado 21 de jul. 2014. Disponible en <http://tropicos.org/Name/20400346>
- Newton A, J Cornelius J, J Mesén, E Corea, AWatt. 1998. Variation in attack by the mahogany shoot borer, *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae), in relation to host growth and phenology. *Bulletin of Entomological Research* 88(3): 319-326.
- Paul C, M Weber. 2013. Intercropping *Cedrela odorata* with shrubby crop species to reduce infestation with *Hypsipyla grandella* and improve the quality of timber. *ISRN Forestry* 2013, Article ID 637410. 10 p.
- Pérez-Flores J, S Eigenbrode, L Hilje-Quiroz. 2012. Alkaloids, limonoids and phenols from Meliaceae species decrease survival and performance of *Hypsipyla grandella* larvae. *American Journal of Plant Sciences* 3(7): 988-994.
- Perez J, S Eigenbrode, L Hilje, R Tripepi, M Aguilar, F Mesén. 2010. Leaves from grafted Meliaceae species affect survival and performance of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Journal of Pest Science* 83: 95-104.
- Pinto A A, BR Teles, AM Penteado-Dias. 2014. First Report of *Phanerotoma bennetti* Muesebeck (Hymenoptera, Braconidae, Cheloninae) Parasitizing *Hypsipyla grandella* (Zeller) and *Hypsipyla ferrealis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae) in Crabwood in Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 74(1): 264-265.
- Santos Murgas A, H E Barrios Velazco, O G López Ch. 2015. Bioecología de *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) e incidencia en *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), Panamá. *Revista científica CENTROS* 4:96-115.
- Sánchez-Soto S, M Domínguez-Domínguez, M Cortés. 2009. Efecto de la sombra en plantas de caoba sobre La incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller y otros insectos en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 25(3): 225-232.
- Sánchez Monsalvo V, C Velázquez Estrada. 1998. Evaluación de dos insecticidas biológicos en el control de *Hypsipyla grandella* (Zeller), barrenador de brotes de la meliáceas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 23(83): 33-39.
- Silva Pedroso AJ, M de L Pinheiro Ruivo, M Lopes da Silva Júnior, O Shiguo Ohashi, V Silva de Melo, ER de Oliveira, M Barroso Estumano, S Mohamad Birani, GA Ruffeil Alves, AK da Silva Lobato. 2015. Nutrient levels and incidence of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) attack in young *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae) plants exposed to lime and boron levels. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 13(2): 283-290.
- Silva MCA, L dos Santos Rosa, TA Vieira. 2013. Eficiência do nim (*Azadirachta indica* A. Juss) como barreira natural ao ataque de *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) sobre o mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazônica* 43(1):19-24.
- Silva M. 2007. Influência do arranjo espacial do mogno (*Swietenia macrophylla* King) com o nim (*Azadirachta indica* a. Juss) como barreira natural ao ataque da *Hypsipyla grandella* Zeller. 73 p.
- Soto F, L Hilje, G Mora, M Aguilar, M Carballo. 2007. Systemic activity of plant extracts in *Cedrela odorata* (Meliaceae) seedlings and their biological activity on *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Agricultural and Forest Entomology* 9(3): 221-226.
- Taveras R, L Hilje, P Hanson, R Mexzón, M Carballo, C Navarro. 2004. Population trends and damage patterns of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) in a mahogany stand, in Turrialba, Costa Rica. *Agricultural and Forest Entomology* 6(2): 89-98.
- Taveras R, L Hilje, M Carballo. 2004. Development of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in response to constant temperatures. *Neotropical Entomology* 33(1): 1-6.
- Vega L. 1981. Efecto de la poda en el crecimiento y en la recuperación de la forma del tallo de *Cedrela angustifolia* y *Cedrela odorata* L. *Revista Forestal Latinoamericana* 1: 79-97.
- Wightman K, B Rodríguez, S Ward, J Cornelius. 2005. Domesticación de cedro y caoba en la Península de Yucatán, México. Experiencias en el mejoramiento del germoplasma forestal. *Recursos Naturales y Ambiente* 44: 119-128.
- Wylie F. 2001. Control of *Hypsipyla* spp. Shoot Borers with Chemical Pesticides: a Review. *Australian Centre for International Agricultural Research Canberra* 176: 109-115.
- Zaché B, R da Costa, J Zanoncio, C Wilcken. 2013. *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing pupae of *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Florida Entomologist* 96(3): 1207-1208.
- Zaché B., C Wilcken, R Zaché, E Soliman, L San Román. 2010. *Trichospilus diatraeae* Cherian y Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), un nuevo parasitoide de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae). *Idesia* 28(3): 111-114.

